

平成 25 年度

アジアの低炭素社会実現のための
JCM 大規模案件形成可能性調査事業

「CO₂フリー・クリーンウォーターの
村落地域での供給プロジェクト」

報告書

平成 26 年 3 月

パシフィックコンサルタンツ株式会社

サマリー

○ 調査目的

本調査の目的は、日本企業が開発した水質浄化技術と再生可能エネルギーによる独立電源システムを組み合わせ、安全で CO2 排出量が少ない飲用水「CO2 フリー・クリーンウォーター」を手頃な価格で住民に供給する村落給水事業の実現可能性を検討することである。

バングラデシュの農村住民は、長らく大腸菌などに汚染された池などの地表水を飲用水としてきた。このため、農村住民は下痢など水に起因する疾病に悩まされてきた。この状況は、1970 年代に地下水を手押しポンプで汲み上げるシャロー・チューブウェルが導入され、広く普及したことにより飛躍的に改善された。ところが、1993 年から各地で地下水からヒ素が検出され、ヒ素中毒患者が確認された。安全な水へのアクセスを確保する取り組みは、再び抜本的な対策を迫られている。

ヒ素対策として、より深い帯水層から水を汲み上げる技術、地表水を砂でろ過して水中の不純物を除去する技術、雨水貯留システムなどが考案・導入されている。しかし、これらには一長一短があり、ヒ素問題は解決できていない。ヒ素以外に、塩分、鉄、マンガンなどの水質問題も確認されている。加えて、農村住民の大多数は貧困層に属するため、安価で安全な飲用水に対するニーズは非常に高い。

浄水プラントの運転には電力を必要とするが、バングラデシュ農村部の電化率は低い。電化されている地域でも長時間停電が頻発するなど、電力供給は安定していない。商店などでは、ディーゼルやガソリンによる自家発電が一般的である。本調査では、化石燃料の代わりに再生可能エネルギーを使って浄水プラントに電力を供給することによって GHG の排出削減にも貢献する村落給水事業について検討する。想定する事業が実現した場合、JCM への登録を目指す。

○ 開発計画

バングラデシュ政府は 2010 年に、貧困根絶をビジョンに掲げた 2021 年までの長期開発計画「Outline Perspective Plan of Bangladesh 2010~2021」を策定し、その実行計画として「第 6 次 5 カ年計画（2011~2015）」を策定した。給水については、2015 年までにすべての都市人口が安全な水を利用できるようになることと、農村人口の 96.5%が安全な水にアクセスできるようになることを目標としている。電力については、発電能力を 2015 年までに 15,457MW として 2021 年までに 20,000MW まで引き上げること、電化率を 2015 年までに 68%に向上すること、電力に占める再生可能エネルギーの割合を 5%まで増加させること、価格設定の工夫や受益者を特定した普及活動によって貧困層への一次・二次エネ

ギーの供給を拡大することなどが目標に掲げられている。

○ 行政機関

バングラデシュの給水事業は LGD が所管している。ダッカ、チッタゴン、クルナ、ラジュシャヒ各市の給水事業は、それぞれに設けられた WASA が行う。農村部では、主として DPHE が給水関連事業を実施している。LGED は市場の給水ポイントの整備などを行う。ウポジラやユニオンが給水施設の整備を支援・実施することもある。村落給水事業は、ウポジラやユニオンの WATSAN 管理下で、DPHE や NGO などが実施する例も見られる。国レベルでは、LGD に設置された NFWSS が調整を行う。

バングラデシュの電力分野は MoPEMR 傘下の電力局が所管する。発電事業は主として電力局が監督する BPDB とその子会社、IPP が実施している。送電は PGCB が担う。配電事業は大きく、都市部と農村部で分けられる。都市部は BPDB、DESCO、DPDC、WZPDC が配電事業を行う。農村部は REB が全国の計画・調整・取りまとめを行い、配電事業は各地の PBS（農村電化組合）が組合員に電力を供給するという形で実施されている。電力事業ライセンスや電力価格に関する許認可などは、BERC の役割である。

○ 村落給水の現状

バングラデシュ農村部で最も一般的な給水技術はシャロー・チューブウェルである。このほかに、ディープ・チューブウェル、堀井戸、雨水貯留システム、PSF、ヒ素除去フィルターなどの給水技術が利用されている。水道管による戸別給水は一般的でない。

シャロー・チューブウェルは、DPHE が貧困層を対象に無償で設置を進めたことや安価なことから急速に普及し、現在では最も多く利用されている。下痢性疾患の減少に大きく貢献したが、水源とする浅い帯水層のヒ素汚染が各地で明らかになり、積極的に普及することが難しくなっている。DPHE は代わりにディープ・チューブウェルの利用を推奨しているが、高価なためシャロー・チューブウェルのように各家庭に設置することは難しい。DPHE は学校など公共の場に設置することで、ディープ・チューブウェルの普及を図っているが、自宅敷地内で水を確保することに慣れてしまった家庭は、公共の給水ポイントに水を汲みに行くことに大きな不便を感じている。

堀井戸、雨水貯留システム、PSF についても、各家庭に設置するには高価なため共用設備として設置されているが、先に述べた課題に加え、病原菌の混入や維持管理の難しさなどが普及を妨げている。ヒ素除去フィルターについては、一般に単価こそ高くないが定期交換が必要なため継続的に費用がかかる。交換時期の判断が難しいため、安全な水を供給する対策としては課題が残る。

○ 農村電化の現状

バングラデシュ全土の電化率は 2010 年時点で 47%であるが、都市部の 82%に対して農村部は 33%とまだまだ低い。2013 年には、農村部では全国 70 の PBS が 50,129 村で 838 万世帯に電力を供給している。この 1 年間で、新たに 49 万世帯が電化された。バングラデシュ政府は 2021 年までに電化率を 100%に引き上げることを目指しているが、今のペースで進んだ場合、目標達成には 30 年以上かかる。

系統電力がない地域では、照明にはケロシンランプを使用することが一般的だが、近年、SHS の普及が急速に進んでいる。SHS は数 W から数十 W の太陽電池モジュール、鉛蓄電池、チャージコントローラーからなるシステムで、導入により家庭で照明器具の使用や携帯電話の充電ができるようになる。

○ 浄水技術

本調査で想定する村落給水事業には、日本ポリグルの浄水技術を利用する。同社は納豆を由来とする優れた凝集剤「PG α 21Ca」を開発し、世界各地の水質浄化・給水事業に提供している。PG α 21Ca は、とくに水中の微粒子や重金属類の除去に威力を発揮する。水に添加し、短時間かくはんするだけでフロックを形成し、水中の汚濁物質を沈殿させることができる。PG α 21Ca は上水や下水の処理に使われているポリ塩化アルミニウムに比べてフロックの形成が早く、沈殿にかかる時間が短い。

日本ポリグルは、2011 年からバングラデシュ南部のポリルカル村で、PG α 21Ca を使った村落給水事業を実施している。浄水プラントを設置して池の水を浄化し、主として配達により農村住民に飲用水を提供している。浄水プラントは、取水用ポンプ、凝集剤を添加し沈殿処理を行う沈殿槽、沈殿処理後の上澄みを加圧・送水するポンプ、PP フィルター、砂ろ過フィルター、紫外線殺菌装置、浄化された水の貯水槽からなる。

想定事業では、ポリルカル村の浄水プラントを改良して利用することを検討している。維持管理費用を削減することを目的として、PP フィルターと砂ろ過フィルターを砂、砂利、炭などを使ったろ過槽に置き換える。沈殿槽と貯水槽は日本製ステンレススチールではなく、現地で容易に調達可能な高密度ポリエチレンタンクを利用する。

○ 再生可能エネルギー技術

バングラデシュの平均日射量は、沿岸部では 3.5~4.0 kWh/m²・日、中央部では 4.5~5.0 kWh/m²・日、北部では 5.5~6.5 kWh/m²・日である。赤道に近いバングラデシュでは、一年を通して比較的安定した日射量が期待でき、日射量が多い 3 月から 6 月は月間平均日射量が 6 kWh/m²・日に達する地点もある。6 月から 9 月の雨期についても 4 kWh/m²・日以上の日射量が見込め、日射量が少ない 12 月、1 月は 4 kWh/m²・日を少し下回る程度である。太陽

光発電は、比較的安定して電力を供給できると見込まれる。

想定事業の浄水プラントへの電力供給は、太陽光発電を利用する。必要な電力量を 3kWh/日、平均日射量を 4.0kWh/m²・日と想定し、独立電源システムの仕様を検討した。採用するシステムは、定格 90W の太陽電池モジュール 16 枚、太陽光充電コントローラー、12V-255Ah (20 時間率) のディープサイクルバッテリー4 台、インバーター、減電圧保護装置からなる。

○ 先行事業

日本ポリグルのポリルカル村での村落給水事業では、村の人口の約 8 割にあたる 424 世帯、1,700 人にポリグル・ウォーターを販売している。販売量は時期によって異なり、乾期には最大で 180,000L/月の販売量になる。無償提供している水と合わせると、最大で 1 日 7,000L の飲用水を供給する。6 月から 9 月の雨期は雨水を利用する住民が多くなるため、販売量は半分以下に落ち込む。

ポリルカル村事業では、毎月 5 世帯程度、支払い能力のない家庭に無料でポリグル・ウォーターを提供している。これらは特別な事情により料金を支払うことができない家庭であり、基本的に 1 カ月限定で提供する。対象となる家庭は、各世帯の状況をよく知る従業員の話し合いで決める。隣接する小中学校にも無料で飲用水を提供している。

ポリグル・ウォーターの水質は、簡易検査キットで日常的に検査し、1～2 カ月に 1 回、ダッカの ICDDR, B に検体を送って検査している。これまで、水質に問題があったことはない。定期的に購入している住民もポリグル・ウォーターに満足しており、多くの住民がそれまでの慢性的な胸焼けや胃炎、下痢性疾患が治ったと述べている。

ポリグル・ウォーターは 2L で 1 タカ、5L で 2 タカ、10L で 3 タカ、15L で 4 タカ、20L で 5 タカ、25L で 6 タカ、30L は 8 タカで販売されている。当初は、「家計が厳しくて支払えない」という訴えもあったが、ポリグル・ウォーターを購入している住民は現在の価格設定に満足しており、一部では「ある程度値上げされたとしても買う」、「胸焼けや下痢性疾患が治ることを考えれば安い」などの意見も聞かれるようになった。

販売員は配達時に顧客の購入量を毎回記録し、月ごとに代金を請求する。翌月 1 日から 1 週間以内の支払いを求めている。期限内に料金を支払う顧客の割合は 6 割程度で、1 割程度は 1 カ月程度支払いが遅れることがあるが、これまで不払いの例はない。

ポリルカル村事業では、浄水プラントを管理する技術スタッフ、販売員、集金や啓蒙活動を行うポリグル・レディなど、常勤従業員 6 人と非常勤従業員 7 人を雇用している。ポリ

グル・ウォーターの利点は近隣村にも伝わっており、ポリルカル村で催し物がある際は、水を買って帰る遠来の客もいる。他村でもポリグル・ウォーターの販売を希望する声が多く聞かれる。

○ 事業モデル

想定事業では、安全な飲用水を十分確保できないバングラデシュ農村部を対象とし、日本ポリグルが開発した水の浄化技術を利用して住民に安全な飲用水を販売する。農村部は未電化地域が多く、電化地域でも電力供給は不安定なため、浄水プロセスに必要な電力は太陽光発電による独立電源システムで供給する。

想定事業では、ポリルカル村事業と同様に、給水人口の中心に浄水プラントを設置し、周辺住民に飲用水を販売する。ただし、事業の採算性を向上するために、浄水プラントの低コスト化を図るほか、原則として飲用水の配達を行わず、浄水プラントにて販売する方式に改める。太陽光発電による独立電源システムの導入により電力コストも削減する。同システムの導入には、JCM に関係する補助金などを活用し、初期投資費用の負担が増大しないようにする。

事業の単位は、ユニオンより小さな村を想定する。村の規模や立地は様々であるが、現段階では十分な情報がないため、ポリルカル村事業を参考にして給水人口を 400 世帯 1,700 人とする。ポリルカル村事業同様、貯水池などの地表水を水源として飲用水を製造する。事業を順調に運営できるようになった段階で、1 日 6,000L の飲用水の販売を見込む。想定事業では、このような村落給水事業を複数の村で展開する。

○ 事業展開シナリオ

想定事業は、実証事業を経て、徐々に展開する地域を広げる。まずはポリルカル村事業のサイトの近くで実証事業を実施し、採算性を見極める。その後、事業フェーズに入る。ポリルカル村があるボルグナ県シャダー・ウポジラから事業を始め、ボルグナ県全域、ボルグナ県が属するポリシャル管区の他県、隣のクルナ管区の県へと事業を展開していく。当面は、ポリルカル村事業のサイトに比較的近く、地下水の塩分濃度が高いため地表水に頼らざるを得ない南西部の村落を対象に事業を展開する。

想定事業は、ポリルカル村事業の経験を活用する一方、採算性を高めるための施策を導入して実施する計画である。実証事業では、そうした施策の有効性と問題について検証し、事業収支を精査する。とくに、コストダウンした新しい浄水プラントの設置・維持管理、再生可能エネルギーによる独立電源システムを利用した浄水プラントの運用、飲用水の販売形態と価格、それが販売収入に与える影響について検討する。実証事業は日本ポリグルの現地リソースを活用するなどして実施することを想定するが、事業フェーズは新たに設

立する SPC が実施主体となる。実証事業期間中に SPC の体制検討や設立準備も行う。

実証事業は、4 カ所程度で実施することを想定している。このうち、2 カ所については有力なサイトを特定している。ポリルカル村から車で 30 分ほど離れたノルトナ・ユニオンのショナトラ村とゴノカボル村を候補として検討している。両村の住民は、ポリルカル村事業についてよく知っていて、自分たちの村でも事業を実施して欲しいと希望している。両村とも 2013 年 9 月の現地調査で訪問した。実証事業では、給水人口の規模をはじめとした条件の異なる地域で実際に事業を行うことで、より汎用性が高いビジネスモデルを確立すると同時に、採用技術の制約、限界、留意すべき点などについても把握する。

実証事業期間中に、事業フェーズの準備も進める。事業候補地を選定し、給水ニーズ・人口、水源などを調べる。事業展開予定地の住民や行政関係者に対するプロモーション活動も行う。事業をスムーズに展開するために、対象ユニオンにポリルカル村事業や実証事業の成果を周知していく。実証事業の実施期間は 1～2 年間程度を想定する。

事業フェーズでは、1 年目は実証事業を行うボルグナ県シャダー・ウポジラから事業を展開する。同ウポジラの 6 カ所程度で事業を開始する。同ウポジラには 10 のユニオンがあるが、事業フェーズ 1 年目に、実証事業の 4 カ所と合わせて、1 ユニオンあたり 1 カ所の密度で事業を展開することになる。2 年目以降も、1 ユニオンにつき 1～2 村程度は事業適地があるとの前提で、事業対象地域と箇所数を拡大していく。2 年目から 4 年目にかけてボルグナ県全域、5 年目と 6 年目はプトゥアカリ県、7 年目から 8 年目にかけてボラ県を除くポリシャル管区全域に事業対象地域を広げ、9 年目からはクルナ管区に進出する計画である。これはあくまでも現段階の想定であり、実際の事業展開計画については、実証事業の結果もふまえて、今後、詳細に検討する。

○ 事業実施体制

想定事業は、新たに設立する SPC が行う。現段階では、パシフィックコンサルタンツと関係企業である InterAct が中心となり、日本ポリグルとその現地法人 Japan Poly-Glu BD、バングラデシュの水分野の専門企業である D-Water Tech などの協力を得て、SPC を設立することを想定する。Japan Poly-Glu BD はポリルカル村事業を運営している。D-Water Tech はその浄水プラント建設や維持管理などの人材育成に協力した実績がある。再生可能エネルギーによる独立電源システムの導入・維持管理については、ゼファー株式会社に協力を仰ぐことを想定する。実際の体制については、実証事業の結果をふまえて詳細に検討する。

○ 収支計画

想定事業の 1 カ所あたりの収支を検討する。収入は、飲用水の販売収入である。ポリルカ

ル村事業の実績から、安全な飲用水に対する潜在需要が顕在化するまで 4 年程度かかると想定する。飲用水の販売量は、1 年目は 4 年目以降の 25%にあたる 1,500L/日、2 年目は 50%にあたる 3,000L/日、3 年目は 75%にあたる 4,500L/日、4 年目以降は 6,000L/日と想定する。飲用水の販売価格は 1L あたり 0.4 タカとする。これは、現在ポリルカル村事業で販売されているポリグル・ウォーターよりやや高いが、農村住民が負担できると考えられる金額である。販売収入は、1 年目は 219,000 タカ、2 年目は 438,000 タカ、3 年目は 657,000 タカ、4 年目以降は年間 876,000 タカとなる。10 年間の合計収入は 7,446,000 タカになる

設備投資費用は、1 年目に浄水設備の導入費用 654,720 タカを見込む。電力を供給する独立電源システムについては、低炭素技術普及のための基金などを活用し、全額補助による導入を想定する。6 年目には 5 年ごとに交換が必要になると見込まれるバッテリー交換費用 387,600 タカを計上する。10 年間の合計設備投資費用は 1,042,320 タカになる。

維持管理費用は、人件費については開業当初から 3 人の従業員の費用を見込む。初年度から 3 年目までの販売量は少ないが、研修やプロモーション活動に時間を割く必要があるため、当初から順調に販売量が伸びた時に必要な人員を確保する。日常のオペレーションは 3 人の従業員が行うが、経営管理にかかる費用は別途見込む。1 人が 10 カ所の浄水プラントを管理することを前提として、マネージャーを雇用する費用を見込む。人件費と経営管理費は、1 年目から 10 年目まで同額を想定する。凝集剤の購入費用は、飲用水の販売・提供量に依存する。その他管理費は、1~2 カ月に一回の水質検査、設備メンテナンスなどにかかる費用を含む。開業初年度のみ、開業時の諸手続きにかかる事務費、飲用水販売を軌道に乗せるための人材育成とプロモーションかかる費用を見込む。10 年間の合計維持管理費用は 5,545,821 タカになる。

10 年間の収支は 857,859 タカのプラスとなる。内部収益率は 10.38%である。開業初年度は設備投資、初期事務費、人材育成・プロモーションなど多額の費用がかかる一方、飲用水販売収入は少ないため、支出が収入を大幅に上回る。2 年目以降は、費用が大幅に減る一方、販売収入が伸びると見込まれるため、収支は改善する。3 年目から単年度収支は黒字になる。6 年目にはバッテリー交換に伴い多額の支出が必要となるため、単年度収支が一時的に赤字になる。7 年目以降は再び黒字化し、8 年目には累積損失が解消される。

想定事業は一定の採算が見込めると判断できる。しかし、感度分析を行うと、前提が少し変わっただけで採算が見込めないことが分かる。費用が 20%増加した場合、収入が 20%減少した場合のいずれのケースも事業収支は赤字になる。この試算では、再生可能エネルギーによる独立電源システムの導入費用は全額補助を前提としているが、この前提が成り立たない場合も事業収支は厳しくなる。こうしたことから、まずは実証事業で前提条件を洗い出し、その結果を見て事業フェーズに進むべきと考えられる。

○ CO₂ 排出削減量

想定事業（＝プロジェクト）の GHG 排出削減量は、プロジェクト排出量からリファレンス排出量を差し引くことで算定する。リファレンスシナリオは、浄水プラントへの電力供給に現在と同様な小型ガソリン発電機を使い続けることである。リファレンス排出量は、小型ガソリン発電機で発電した場合の CO₂ 排出量である。リファレンス排出量は、小型ガソリン発電機から得る電力の消費量をその CO₂ 排出係数を乗じて算出する。リファレンスでの小型ガソリン発電機から得る電力の消費量は、プロジェクトの独立電源システムから得る電力の消費量と同じである。プロジェクト排出量は、独立電源システムの運転による排出量である。再生可能エネルギーシステムであるため、その排出量はゼロである。小型ガソリン発電機の CO₂ 排出係数は、1.595 kg-CO₂/kWh と算出できる。

想定事業の 1 カ所あたりの GHG 排出削減量は、事業開始 1 年目と 2 年目は 0.672 t CO₂/年、3 年目は 1.009 t CO₂/年、4 年目以降は 1.345 t CO₂/年と推定できる。想定事業の GHG 排出削減ポテンシャルは、実証事業の期間を 1 年とし、先に述べた事業展開スケジュールで事業を進めることができると仮定して算出すると、事業フェーズ 10 年間の総排出削減量は 1,697 t-CO₂ であり、年平均排出削減量は 169.71 t-CO₂ と算定される。

目次

サマリー	
第1章 はじめに	1
1-1 調査背景	1
1-2 調査目的	1
1-3 調査内容	2
1-4 実施体制	4
第2章 バングラデシュの概況	5
2-1 基礎情報	5
2-2 行政	6
2-3 エネルギー消費と温室効果ガス排出	9
第3章 給水ニーズ	12
3-1 農村部の給水状況	12
3-2 給水課題	13
3-2-1 ヒ素	13
3-2-2 鉄	18
3-2-3 マンガン	20
3-2-4 塩	21
3-2-5 地下水位の低下	22
3-2-6 岩盤地帯	23
3-2-7 病原菌	23
3-2-8 特殊地域	25
3-3 給水課題への取り組み状況	25
3-3-1 関係行政機関	25
3-3-2 主な給水技術	26
3-3-3 主な取り組み	31
第4章 農村電化	37
4-1 農村電化の関連機関	37
4-2 農村電化の状況	38
4-3 未電化世帯の状況	39
4-4 農村電化の課題	40
4-5 オフグリッド電化の取り組み	40
4-5-1 ソーラー・エネルギー・プログラム	40
4-5-2 家庭用バイオガス普及プログラム	41
4-5-3 農村電化公社の取り組み	42
4-5-4 その他の取り組み	42

4-6 再生可能エネルギーポテンシャル	42
4-6-1 太陽光	42
4-6-2 水力	43
4-6-3 風力	43
4-6-4 バイオマス	45
第5章 関連政策	46
5-1 国家開発計画	46
5-2 農村部の給水に関する主要施策・開発目標・計画	46
5-3 農村電化に関する主要政策・開発目標・計画	49
第6章 法規制・許認可	52
6-1 事業設立に関する法規制と許認可	52
6-2 村落給水に関する法規制と許認可	52
6-3 再生可能エネルギーによる発電に関する法規制と許認可	53
第7章 活用する日本製品・技術	54
7-1 浄水技術	54
7-2 再生可能エネルギー発電設備	58
第8章 想定するビジネスモデル	62
8-1 先行事業の概要	62
8-2 教訓の整理	66
8-2-1 維持管理	66
8-2-2 収益性確保	67
8-2-3 プロモーション	68
8-3 想定事業モデル	69
8-4 活用可能なファイナンス・制度資金	70
8-4-1 バングラデシュのファイナンス・制度資金	70
8-4-2 我が国のファイナンス・制度資金	71
8-4-3 国際機関のファイナンス・制度資金	72
第9章 事業計画	73
9-1 事業展開シナリオ	73
9-2 実施体制	76
9-3 収支計画と資金計画	77
第10章 温室効果ガス削減効果	82
10-1 排出削減量の算定方法	82
10-2 排出削減量	84
10-3 その他の事業効果	85
レファレンス資料一覧	86

図一覧

図 1	調査実施体制	4
図 2	バングラデシュの地方行政区分.....	7
図 3	バングラデシュの県	8
図 4	ヒ素の濃度とチューブウェルの深さ	14
図 5	国家基準を超えるヒ素の検出率.....	15
図 6	WHO 基準を超えるヒ素の検出率.....	16
図 7	給水技術別のヒ素検出量の分布.....	18
図 8	給水技術別の鉄検出量の分布	19
図 9	給水技術別のマンガン検出量の分布	21
図 10	洪水になりやすい地域.....	24
図 11	給水分野の機関.....	26
図 12	Grameen Veolia Water Ltd. の浄水場	35
図 13	電力分野の機関.....	38
図 14	バングラデシュの風力エネルギー密度	44
図 15	供給が困難な地域.....	49
図 16	PGa21Ca による凝集沈殿.....	54
図 17	ポリルカル村浄水プラントの模式図	56
図 18	想定事業で利用する浄水プラントの模式図.....	57
図 19	想定する独立型発電システムの模式図.....	61
図 20	本調査で想定する事業の概念図.....	70
図 21	事業展開フロー.....	73
図 22	事業展開地域	74
図 23	事業実施体制案.....	77
図 24	想定事業での電力供給.....	82

表一覧

表 1	バングラデシュの基礎情報.....	5
表 2	経済指標	6
表 3	バングラデシュのエネルギー概況（2011 年）	9
表 4	バングラデシュの温室効果ガス排出量（2005 年）	10
表 5	バングラデシュの温室効果ガス排出量（2005 年二酸化炭素換算）	11
表 6	農村部住民の飲用水の水源・給水技術.....	13
表 7	給水技術別のヒ素検出量(mg/L)	17
表 8	給水技術別の鉄検出量(mg/L).....	19
表 9	給水技術別のマンガン検出量(mg/L)	20
表 10	地域別の Na 検出量 (>200mg/L)	22
表 11	給水技術の特徴と課題	27
表 12	村落給水に関する主な取り組み.....	31
表 13	REB の電力購入量の推移 (GWh)	39
表 14	照明のエネルギー源（2011 年）	39
表 15	バングラデシュの平均日射量（1988-1999）	43
表 16	沿岸部の平均風速.....	44
表 17	給水に関する法律、戦略、計画、政策.....	47
表 18	RAPSS の対象地域.....	50
表 19	PGa21Ca の概要	55
表 20	ポリルカル村浄水プラントの機材仕様.....	56
表 21	再生可能エネルギーによる独立電源システムの検討条件	58
表 22	再生可能エネルギーによる独立電源システムの検討気象条件	58
表 23	検討した再生可能エネルギーによる独立電源システムの主要仕様	59
表 24	検討した再生可能エネルギーによる独立電源システムの概要	60
表 25	想定する独立電源システムの構成と合計価格	61
表 26	ポリグル・ウォーターの価格	66
表 27	事業展開スケジュールと事業量.....	76
表 28	想定事業 1 カ所あたりの収入.....	77
表 29	想定事業 1 カ所あたりの設備投資費用.....	78
表 30	想定事業 1 カ所あたりの維持管理費用.....	79
表 31	想定事業 1 カ所あたりの 10 年間の収支	80
表 32	事業フェーズ 10 年間の収支	81
表 33	小型ガソリン発電機の定格値	83
表 34	想定事業の GHG 排出削減ポテンシャル.....	85

写真一覧

写真 1	ポリルカル村の浄水プラントと貯水池	62
写真 2	簡易キットを使った水質検査の様子	63
写真 3	ポリグル・ウォーターを配達するバンリキシャ	64
写真 4	ポリグル・ウォーターの様子	65
写真 5	ボルグナ県にあった故障した PSF	67

為替レート

とくに断りがない場合、本報告書では 2014 年 1 月 1 日現在の以下のレートを使用した。

1 米ドル＝77.60 タカ

1 米ドル＝105.29 円

1 タカ＝1.35 円

付属資料

付属資料 A ヒ素の検出率と鉄、マンガン、ナトリウムの平均検出量

付属資料 B 接続率

付属資料 C 独立電源システムの検討模式図

略語一覧

略語	英語表記	日本語表記
AAN	Asia Arsenic Network	アジア砒素ネットワーク
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AIRP	Arsenic Iron Removal Plant	ヒ素・鉄除去装置
APSU	Arsenic Policy Support Unit	ヒ素政策支援ユニット
BAMWSP	Bangladesh Arsenic Mitigation Water Supply Project	ヒ素汚染対策水供給プロジェクト
BBS	Bangladesh Bureau of Statistics	バングラデシュ統計局
BERC	Bangladesh Energy Regulatory Commission	エネルギー規制委員会
BGS	British Geological Survey	英国地質調査所
BOI	Board of Investment	投資庁
BOP	Base of the Pyramid	貧困層
BPDB	Bangladesh Power Development Board	バングラデシュ電力開発局
BRAC	Bangladesh Rural Advancement Committee	バングラデシュ農村向上委員会
CIDA	Canadian International Development Agency	カナダ国際開発庁
DANIDA	Danish International Development Assistance	デンマーク国際開発援助活動
DESCO	Dhaka Electric Supply Company Limited	ダッカ電力供給会社
DFID	Department for International Development	英国国際開発省
DPDC	Dhaka Power Distribution Company	ダッカ配電公社
DPHE	Department of Public Health and Engineering	公衆衛生工学局
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
GVW	Grameen Veolia Water Ltd.	グラミン・ベオリア・ウォーター
HYSWA	Hygiene, Sanitation and Water Supply	衛生・水供給
ICDDR,B	International Centre for Diarrhoeal Disease Research, Bangladesh	バングラデシュ国際下痢性疾病研究センター
IDCOL	Infrastructure Development Company Limited	インフラ開発公社
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
IOM	International Organization for Migration	国際移住機関
IPP	Independent Power Producers	独立系発電事業者
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives	FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	ドイツ復興金融公庫
LGD	Local Government Division	地方行政局
LGED	Local Government Engineering Department	地方行政技術局

略語	英語表記	日本語表記
MDG	Millenium Development Goal	ミレニアム開発目標
MoLGRDC	Ministry of Local Government, Rural Development and Cooperatives	地方自治・地域開発・協同組合 省
MoPEMR	Ministry of Power, Energy and Mineral Resources	電力・エネルギー・鉱物資源省
NFWSS	National Forum for Water Supply and Sanitation	水供給・衛生のための国家フォー ラム
NGO	Non Governmental Organization	非政府組織
PBS	Palli Bidyut Samity	農村電化組合
PGCB	Power Grid Company of Bangladesh Ltd.	バングラデシュ電力系統会社
PSF	Pond Sand Filter	ポンド・サンド・フィルター
REB	Rural Electrification Board	農村電化公社
SDP	Sector Development Plan	セクター開発計画
SREDA	Sustainable and Renewable Energy Development Agency	持続・再生可能エネルギー開発 庁
SHS	Solar Home System	ソーラー・ホーム・システム
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	気候変動に関する国際連合枠組 条約
UNICEF	United Nations Children's Fund	国際連合児童基金
WASA	Water and Sewerage Authority	上下水道公社
WHO	World Health Organization	世界保健機構
WZPDC	West Zone Power Distribution Company	西部配電会社

地名対訳表

管区		県	
ボリシャル	Barisal	ボルグナ	Barguna
		ボリシャル	Barisal
		ボーラ	Bhola
		ジャロカティ	Jhalokati
		プトゥアカリ	Patuakhali
		ピロジプール	Pirojpur
チッタゴン	Chittagong	バンドルボン	Bandarban
		ブラモンバリア	Brahmanbaria
		チャンドプール	Chandpur
		チッタゴン	Chittagong
		コミラ	Comilla
		コックスバザール	Cox's Bazar
		フェニ	Feni
		カグラチュリ	Khagrachhari
		ラクシュミプール	Lakshmipur
		ノアカリ	Noakhali
		ランガマティ	Rangamatai
ダッカ	Dhaka	ダッカ	Dhaka
		ファリドプル	Faridpur
		ガジプール	Gazipur
		ゴパルガンジュ	Gopalganj
		ジャマルプル	Jamalpur
		キシヨレガンジュ	Kishoreganj
		マダリプル	Madaripur
		マニクカンジュ	Manikganj
		ムンシゴンジ	Munshganj
		ミメンシング	Mymensingh
		ナラヤンゴンジ	Narayanganj
		ナルシングディ	Narsingdi
		ネトロコナ	Netrokona
		ラジバリ	Rajbari
		シャリアトプル	Shariatpur
		シェルプル	Sherpur
		タンガイイル	Tangail

管区	県
クルナ Khulna	バーゲルハット Bagerhat チュアダンガ Chaudanga ジョソール Jessore ジェナイダ Jhenaidah クルナ Khulna クスティア Kushtia マグラ Magura メハプール Meherpur ナライル Narail サトキラ Satkhira
ラジュシヤヒ Rajshahi	ボグラ Bogra ジョイプールハット Joypurhat ナオガオン Naogaon ナトール Natore チャパイ・ナワブガンジ Chapai Nawabganj パブナ Pabna ラジュシヤヒ Rajshahi シラジゴンジ Sirajganj
ランプール Rangpur	ディナジプール Dinajpur ガイバンダ Gaibandha クリグラム Kurigram ラルモニルハット Lalmonirhat ニルファマリ Nilphamari ポンテョゴル Panchagarh ロンプール Rangpur タクルガオン Thakurgaon
シレット Sylhet	ハビガンジ Habiganj マウルビバザール Maulvibazar スナムガンジ Sunamganj シレット Sylhet

第1章 はじめに

1-1 調査背景

バングラデシュの農村住民は、長らく大腸菌などに汚染された池などの地表水を飲用水としてきた。このため、農村住民は下痢など水に起因する疾病に悩まされてきた。この状況は、1970年代に地下水を手押しポンプで汲み上げる管井戸（シャロー・チューブウェル）が導入され、広く普及したことにより飛躍的に改善された。ところが、1993年から各地で地下水からヒ素が検出され、ヒ素中毒患者が確認された。安全な水へのアクセスを確保する取り組みは、再び抜本的な対策を迫られている。

ヒ素対策として、より深い帯水層から水を汲み上げる技術、地表水を砂でろ過して水中の不純物を除去する技術、雨水貯留システムなどが考案・導入されている。しかし、これらには一長一短があり、ヒ素問題は解決できていない。ヒ素以外に、塩分、鉄、マンガンなどの水質問題も確認されている。加えて、農村住民の大多数は貧困層に属するため、安価で安全な飲用水に対するニーズは非常に高い。本調査では、こうしたニーズに応えうる村落給水事業の実現可能性を検討する。

1-2 調査目的

本調査の目的は、日本企業が開発した水質浄化技術と再生可能エネルギーによる独立電源システムを組み合わせ、安全でCO₂排出量が少ない飲用水「CO₂フリー・クリーンウォーター」を手頃な価格で住民に供給する村落給水事業の実現可能性を検討することである。

浄水プラントの運転には電力を必要とするが、バングラデシュ農村部の電化率は低い。電化されている地域でも長時間停電が頻発するなど、電力供給は安定していない。商店などでは、ディーゼルやガソリンによる自家発電が一般的である。本調査では、化石燃料の代わりに再生可能エネルギーを使って浄水プラントに電力を供給することによって温室効果ガス（GHG）の排出削減にも貢献する村落給水事業について検討する。想定する事業が実現した場合、二国間クレジット制度（Joint Crediting Mechanism: JCM）への登録を目指す。

本調査では、村落給水に関する政策や計画、給水ニーズなどの背景情報を整理したうえで、技術面では、飲用水の製造に加えて、再生可能エネルギーによる電力供給についても検討する。経営面では、農村住民に飲用水を提供するためのビジネスモデル、関連する法規制・許認可などについて検討する。

1-3 調査内容

当初計画した調査内容は以下のとおりである。基本的にこれに従って調査したが、農村住民への電力供給については、調査の途中で事業性が低いと見込まれたことから、関係する調査の内容を簡素化した。

（１）農村部の給水事情・課題・取り組みの把握

農村部での水へのアクセス状況、課題と取り組み状況を調査する。将来の実証事業、事業展開の候補地を特定する。

（２）ターゲットグループ・地域の電力事情・課題・取り組みの把握

（１）で特定した候補地を中心に、浄水プラントが必要とする電力の供給状況、課題と取り組み状況を調査する。住民の電力へのアクセスとニーズも調べ、浄水プラントだけでなく、住民にも安全な水と合わせて電力を供給する事業の可能性について検討する。

（３）農村部の給水に関する施策・開発目標・計画・法規制・許認可の把握

農村部の給水に関する主要施策、開発目標・計画を把握する。給水事業を実施する場合の法規制、許認可、優遇措置も調べる。

（４）農村部の電化に関する施策・開発目標・計画・法規制・許認可の把握

農村部の電化・電力供給に関する主要施策、開発目標・計画を把握する。独立電源による電力供給事業を実施する場合の法規制、許認可、優遇措置も調べる。

（５）再生可能エネルギーに関する施策の把握

再生可能エネルギーの活用に関する主要施策を把握する。

（６）関係法規制・許認可の把握

想定する事業に関係する上記以外の法規制、許認可、優遇措置を調べる。

（７）活用可能なファイナンス・制度資金の把握

想定する事業に活用できる可能性がある資金について調べる。

（８）再生可能エネルギーポテンシャルの把握

再生可能エネルギーによる発電の試算に必要な日射量、風速などの既存データを収集する。

（９）浄水技術の検討

想定する事業で使用する浄水システムについて検討する。

(10) 再生可能エネルギー発電の検討

(9) の浄水システムに再生可能エネルギーにより電力を供給するシステムについて検討する。住民に電力や照明を届ける方法も検討する。

(11) 先行事業の成果把握と教訓抽出

日本企業がすでに実施している事業などの成果と課題を把握して教訓を抽出し、今後の事業計画策定に活用できるようにする。

(12) ビジネスモデルの検討

想定する事業の仕組みを検討する。

(13) 実証事業計画の策定

想定する事業の実証事業計画案を作成する。

(14) 中期事業計画の策定

想定する事業の中期的な事業計画案を作成する。

(15) 開発効果の検討

農村部の給水・電力事情改善への貢献とそれによる副次的効果について検討する。

(16) 温室効果ガス削減効果

GHG 削減効果の算出方法を検討し、(14) の事業計画案に合わせて削減効果を算出する。
JCM 事業化に向けたステップを検討する。

(17) 作業報告書の作成

上記(1)～(16)の作業の成果を取りまとめた報告書を作成する。

1-4 実施体制

本調査の実施体制を図 1 に示した。受託者であるパシフィックコンサルタンツ株式会社が、日本ポリグル株式会社とゼファー株式会社の協力を得て調査を実施した。

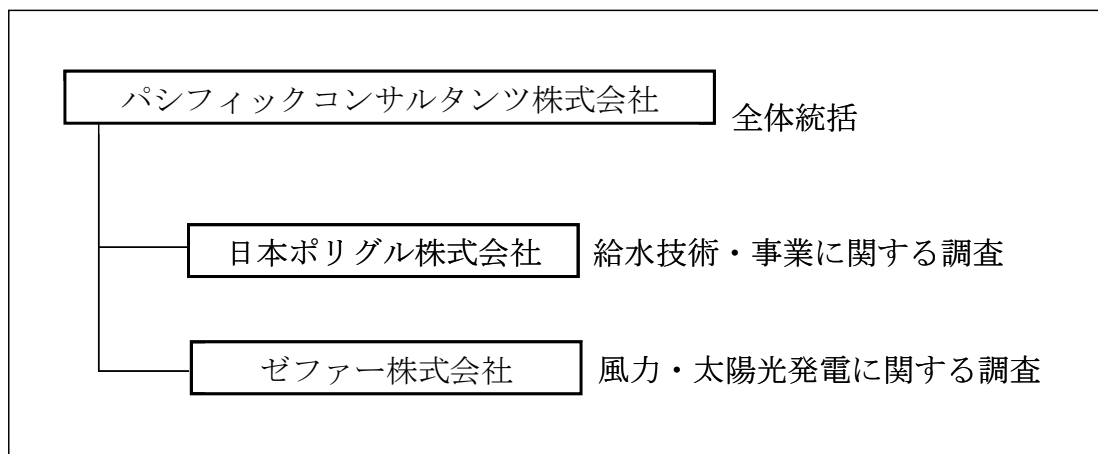


図 1 調査実施体制

第2章 バングラデシュの概況

2-1 基礎情報

バングラデシュの国土面積は13万170km²で、日本の約4割である。国土の大部分がデルタ地帯で、ジャムナ川¹、パドマ川²、メグナ川の3大河川と大小多くの河川が交差する。ここに1億5286万人の人口（2011年）が暮らす（表1）。人口密度は世界で9番目に高い1,174人/km²である³。2011年時点の農村人口は全体の71.6%で、依然として人口の大半が農村部に暮らしている。1980年には農村人口が85.2%を占めていたことをふまえると、徐々に都市化が進んでいると言える。

表1 バングラデシュの基礎情報

項目	2011年
国土面積（km ² ）	130,170
人口（人）	152,862,431
人口密度（人/km ² ）	1,174.3
都市人口（人）	43,397,950
農村人口（人）	109,464,481
農村人口の割合（%）	71.6

出典：世界銀行の World Development Indicators 2013 を基に調査団作成

バングラデシュの2012年の国内総生産（GDP）は923億5633万米ドルである（表2）。2004年以降、約6%のGDP成長率を維持し、近年はBRICsに次ぐ新興経済国Next 11の一角に数えられるようになっている。一人当たりGDPは597米ドルで、インドの約10年前（2001年）の値596米ドルに等しい。インドの2012年の一人当たりGDPは1,107米ドルで、バングラデシュの1.85倍である。

¹ インドから流れ込むブラマプトラ川がティスタ川と合流し、ジャムナ川と呼ばれる。

² インドではガンジス川と呼ばれるが、バングラデシュではパドマ川と呼ばれる。

³ マカオ、モナコ、シンガポール、香港、バーレーン、マルタ、バミューダに続く。世界銀行 World Development Indicators 2013 (<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>)。

表 2 経済指標

項目	2012 年
GDP (米ドル)	92,356,328,485
GDP 成長率 (%)	6.23
一人当たり GDP (米ドル)	597

出典：世界銀行の World Development Indicators 2013 を基に調査団作成

貧困率は高く、2010 年には総人口の 31.5%がバングラデシュの国家貧困ライン以下の生活を送っている。国際貧困線の 1.25 米ドルを基準にすると、貧困層の割合は 43.3%になり、一日 2 米ドル以下で生活している人口の割合は 76.5%になる（世界銀行 2013）。

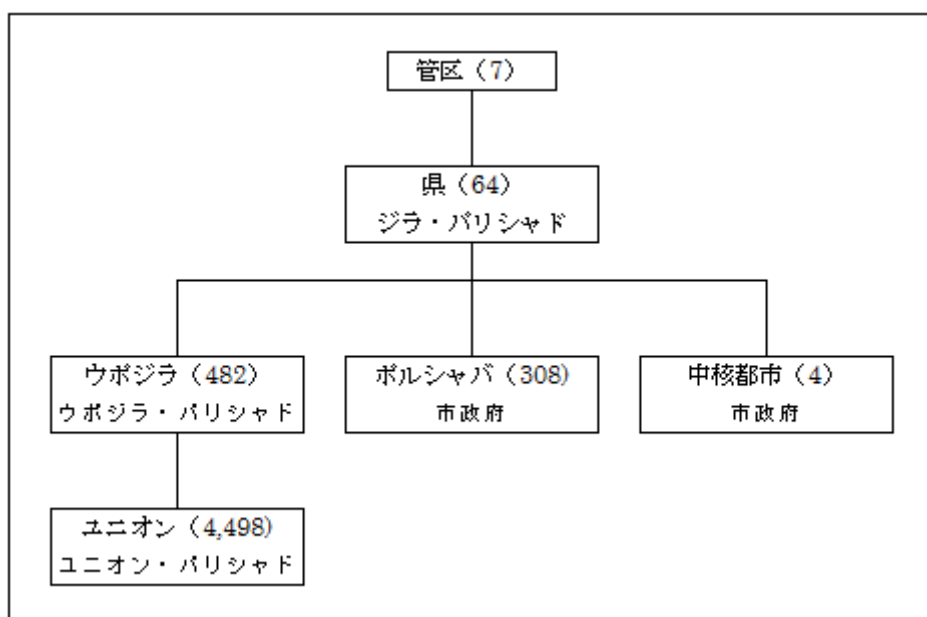
2-2 行政

バングラデシュは、1971 年 12 月にパキスタンから独立した。20 年間軍事政権が続いたのち、1991 年に憲法が改正され、議院内閣制へと移行した。現在、国会は一院制で、議員の任期は 5 年である。国家元首は議院が選ぶ大統領であるが、行政の執行権は首相にある。中央省庁は、大統領府、首相府、38 省（Ministry）、12 局（Division）、5 つの委員会（Commission）から構成される⁴。

バングラデシュの国土は 7 つの管区（Division）に分けられる。管区は県（Zila もしくは District）からなり、各県に設けられたパリシャド⁵と呼ばれる組織が最上位の地方行政単位である。県はウポジラ（Upazila もしくは Sub-district）からなり、ウポジラはユニオン（Union）からなる。ウポジラとユニオンにもそれぞれパリシャドがあり、行政機能を持つ。ユニオン・パリシャドが地方行政の最小単位である。チッタゴン、ダッカ、クルナ、シレットの各県では、ウポジラに代わる中核都市（City Corporation）が設置され、市政府が設けられている。このほかに、ポルシャバ（Pourashava）と呼ばれる地方都市があり、中核都市同様に市政府（Municipal Corporation）が設けられている。地方行政を所管する国の機関は地方行政局（Local Government Division: LGD）である。

⁴ バングラデシュ政府のウェブサイト（<http://www.bangladesh.gov.bd/>）

⁵ パリシャド（Parishad）は委員会を意味する。県のパリシャドは District Council とも呼ばれる。



注：() 内の数字は、2011 年時点の数を示す。

出典：LGD 2011 を基に調査団作成

図 2 バングラデシュの地方行政区分



出典：LGED (<http://www.lged.gov.bd/>)

図 3 バングラデシュの県

2-3 エネルギー消費と温室効果ガス排出

バングラデシュの 2011 年の一次エネルギー総供給量は 31,294 ktoe である（表 3）。このうち、国内生産量が 26,091 ktoe、輸入量が 5,725 ktoe、輸出量が 166 ktoe、国際バンカーへの供給量が 356 ktoe である。国内生産量の 65%、総供給量の 53%に相当する 16,614 ktoe が天然ガスである。バングラデシュは、国内で算出される天然ガスに対するエネルギー依存度が高い。国内総生産の 34%、総供給量の 28%に相当する 8,836 ktoe がバイオマス・廃棄物で、天然ガスに次ぐエネルギー源である。輸入量は、総供給量の 18%に相当する。このうちの 92%に相当する 5,263 ktoe が石油と石油製品である。一方、国内で生産される石油は 115 ktoe である。石油と石油製品の海外依存度は非常に高い。

表 3 バングラデシュのエネルギー概況（2011 年）

区分	燃料	量 (ktoe)
エネルギー生産量	天然ガス	16,614
	バイオマス・廃棄物	8,836
	石炭・泥炭	450
	石油	115
	水力	76
エネルギー輸入量	石油製品	3,844
	石油	1,419
	石炭・泥炭	462
エネルギー輸出量	石油製品	▲166
国際バンカー	石油製品	▲356
国内一次エネルギー総供給量		31,294

出典：IEA の Bangladesh, Balances for 2011⁶を基に調査団作成

バングラデシュの最新の GHG インベントリは、国連気候変動枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC）事務局に提出された第 2 次国別報告書に含まれる 2005 年のものである（表 4）。

⁶ IEA (<http://www.iea.org/countries/non-membercountries/bangladesh/>)

表 4 バングラデシュの温室効果ガス排出量 (2005 年)

単位 1,000t

	CO2 排出量	CO2 吸収量	CH4	N2O	CO	NOx
合計	59,067.85	0.01	1,879.30	38.85	145.50	4.00
1. エネルギー	37,949.60	-	26.03	0.48	-	-
A. 燃料の燃焼	37,920.00	-	2.76	0.48	-	-
1. エネルギー産業	12,780.00	-	2.76	-	-	-
2. 製造業・建設業	11,276.00	-	-	-	-	-
3. 運輸	5,500.00	-	-	-	-	-
4. 家庭	4,675.00	-	-	-	-	-
5. 農業	1,993.00	-	-	-	-	-
6. 業務	270.00	-	-	-	-	-
7. その他	1,426.00	-	-	-	-	-
B. 燃料からの漏洩	29.64	-	23.27	-	-	-
2. 工業プロセス	2,912.72	-	-	-	-	-
A. 鉱物製品	82.72	-	-	-	-	-
B. 化学産業	2,830.00	-	-	-	-	-
3. 農業	-	-	1,215.69	33.94	145.50	3.98
A. 消化管発酵	-	-	493.16	-	-	-
B. 家畜排せつ物の管理	-	-	343.33	33.83	-	-
C. 稲作	-	-	374.93	-	-	-
D. 農作物残渣の野焼き	-	-	4.27	0.11	145.50	3.98
E. 鶏ふんの管理	-	-	84.79	33.83	-	-
4. 土地利用変化・林業 (LUCF)	18,205.52	0.01	-	-	-	-
A. 森林	▲4,328.78	-	-	-	-	-
B. 森林と湿原からの転用	4,951.91	-	-	-	-	-
C. 農地、牧草地、植林の放棄	-	0.01	-	-	-	-
D. 土壌からの放出	17,582.40	-	-	-	-	-
5. 廃棄物	-	-	637.58	4.43	-	-
A. 埋立	-	-	16.50	-	-	-
B. 排水の処理	-	-	621.08	4.43	-	-
6. その他	44,916.00	-	-	-	-	-
A. 国際バンカー	906.00	-	-	-	-	-
B. バイオマスからの排出	44,010.00	-	-	-	-	-

出典：MoEF 2012 を基に調査団作成

UNFCCC 事務局の資料によると、バングラデシュの二酸化炭素換算 GHG 排出量は、2005 年に 117,647,800 t-CO₂ であった（表 5）。

表 5 バングラデシュの温室効果ガス排出量（2005 年二酸化炭素換算）

	排出量（1,000 t-CO ₂ ）
CO ₂ 排出量（LUCF を除く）	40,862.3
LUCF による CO ₂ 排出量	18,205.5
CO ₂ 排出量（合計）	59,067.9
温室効果ガス排出量（LUCF を除く）	99,442.2
LUCF による温室効果ガス排出量	18,205.5
温室効果ガス排出量（合計）	117,647.8

出典：UNFCCC Emissions Summary for Bangladesh

2011 年のバングラデシュの燃焼による二酸化炭素排出量は 5,412 万 t-CO₂ と推定される⁷。人口一人当たりで換算すると 0.36 t-CO₂ で、インド（1.41 t-CO₂/人）と比べると約 4 分の 1 だが、ミャンマー（0.17 t-CO₂/人）やネパール（0.13 t-CO₂/人）に比べると 2 倍から 3 倍に近い⁸。

⁷ 燃料に起因しない排出量は不明である。

⁸ IEA (<http://www.iea.org/countries/non-membercountries/bangladesh/>)

第3章 給水ニーズ

3-1 農村部の給水状況

バングラデシュ農村部では、長らく河川や池などの地表水を飲用水として利用してきた。しかし、地表水には大腸菌などの病原菌が混入しているため、人々は下痢性疾患に悩まされてきた。下痢性疾患を減らすためには、飲用水を地表水から地下水へと切り替える必要があると考えたバングラデシュ政府は、1970年代に地下水を手押しポンプで汲み上げるシャロー・チューブウェルを学校や市場などの公共の場は無償で設置する取り組みを始めた。シャロー・チューブウェルは手頃な価格で設置することができたため、1980年代には個人で自宅の敷地内に設置する家庭が増え、飛躍的に普及した。その結果、下痢性疾患は減少した。同時に、広い地域で人々は飲用水を自宅の敷地内など近隣で容易に確保できるようになった⁹ (LGD 2011)。

ところが、1993年にバングラデシュ北西部のチャパイ・ナワブガンジ県バロガリア・ユニオンで、地下水からヒ素が検出された。その後、各地で地下水のヒ素汚染が確認され、シャロー・チューブウェルから汲み上げられる地下水が必ずしも安全でないことが明らかになった。ヒ素中毒患者も確認された。シャロー・チューブウェルが安全でないということではないが、安全な水へのアクセスを確保する取り組みは、再び抜本的な対策を迫られている。

ヒ素対策として、より深い帯水層から水を汲み上げるディープ・チューブウェル、地表水を砂でろ過して水中の不純物を除去するポンド・サンド・フィルター (PSF)、雨水貯留システムなどの代替技術が導入されている。これらの技術はシャロー・チューブウェルに比べて高価なため、主に公共の給水ポイントとして政府や NGO が設置している。ところが、便利な生活に慣れた住民には、給水ポイントまで水を汲みに行く手間を惜しみ、自宅のシャロー・チューブウェルがヒ素に汚染されていると知りながら、その水を使い続ける者もいる。これらの代替技術はシャロー・チューブウェルに比べて維持管理が難しいため、短時間で故障するなどの問題も生じている。農村部での水の問題には、ヒ素以外に塩分、鉄、マンガンなどの水質問題も確認されている。

農村部で利用されている給水技術の詳細については後述するが、ディープ・チューブウェル以外のシャロー・チューブウェルに代わる技術はあまり普及していない。2008年時点では77%がシャロー・チューブウェルを使用している (表 6)。

⁹ チッタゴン丘陵地帯など一部の地域では、地質や地下水位などの関係でシャロー・チューブウェルを使うことができず、飲用水へのアクセスは課題として残った。

表 6 農村部住民の飲用水の水源・給水技術

給水技術	%
住居内へパイプ給水	0.7
敷地内へパイプ給水	0.8
公共のパイプ給水ポイント	0.5
シャロー・チューブウェル (<500 フィート)	77.6
ディープ・チューブウェル (500+フィート)	16.7
汚染から保護されている井戸	0.6
汚染から保護されている湧水	0.1
雨水貯留	0.1
ポンド・サンド・フィルター	0.5
ボトルウォーター	0.0
汚染から保護されていない井戸	0.5
汚染から保護されていない湧水	0.2
地表水	1.7
その他	0.3

出典： BBS/UNICEF 2009

3-2 給水課題

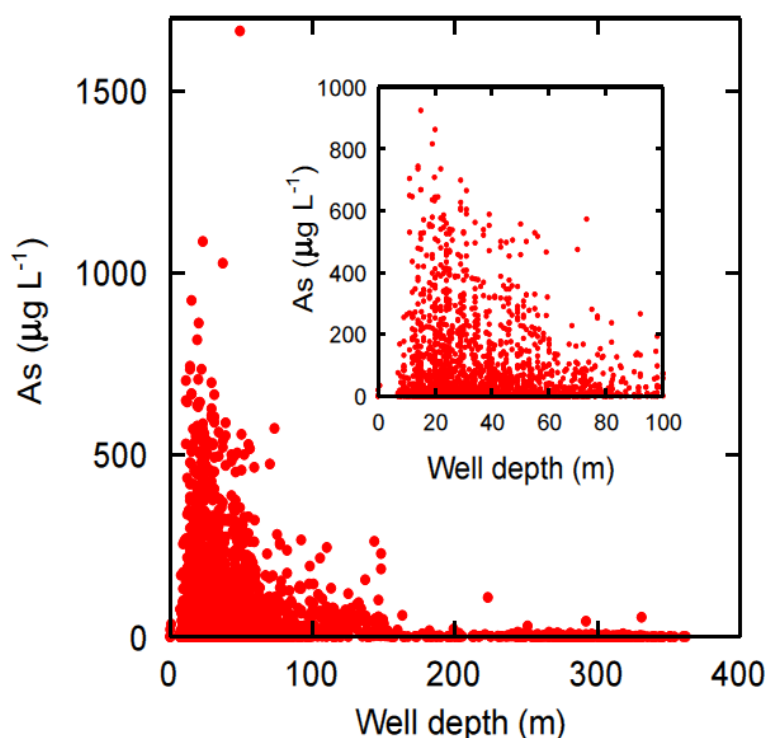
3-2-1 ヒ素

ヒ素の長期的摂取は、慢性ヒ素中毒を経て、肺がん、膀胱がん、腎臓がんに至る可能性がある。心臓発作やその他の心肺疾患になる可能性も高まり、子どもの場合は認知障害に至る可能性がある。慢性ヒ素中毒は、手足の腫れ、手足の感覚の喪失、疲れやすい、灼熱感、肺の炎症、慢性的な咳、聴力の低下、肝硬変などの症状を伴う。通常は、肌や掌、歯茎や舌に黒色もしくは白い斑点が発生し、掌や足の裏の皮膚が硬くなり、壊疽性潰瘍が発生することにより発見される。早期に発見されれば、栄養価の高い食生活や尿素を含むローションやサリチル酸を塗ることにより症状を改善できるが、発症するまでに6カ月から10年以上かかる。ヒ素自体は無味無臭、無色で探知が困難である。結果として、慢性ヒ素中毒は症状が悪化するまで発見することが難しい。皮膚病変は社会的に不名誉とされ、患者の社会的排除に至るケースもある（WaterAid 2007）。

先に述べたように、バングラデシュでは1993年に地下水のヒ素汚染が確認された。その後、ヒ素汚染の起源とその実態を把握することを目的として、1998年から2001年まで公衆衛生工学局（Department of Public Health Engineering: DPHE）と英国地質調査所（British Geological Survey: BGS）が共同で調査を実施した。チッタゴン丘陵地帯を除く61県で、3,534台のチューブウェルから地下水のサンプルを収集した。調査の結果、シャロー・チューブウェルの46%から世界保健機構（World Health Organization: WHO）の基準値（0.01mg/L）¹⁰、27%からバングラデシュの国家基準（0.05mg/L）を超えるヒ素が検出さ

¹⁰ WHO では、1L あたり 0.01mg 以下のヒ素は除去が難しいこと、1L あたり 0.001~0.01mg のヒ素は検出も難しいこと、1L あたり 0.05~0.1mg のヒ素が検出されている地域で健康被害が発生していることから、暫定的に 1L あたり 0.01mg という基準を採用している（WHO 2011）。

れた。ヒ素に汚染されたチューブウェルの水を飲用水にしている人口は、WHO 基準では 5,700 万人以上、国家基準では 3,500 万人以上になると推定された (BGS 2001、WHO 2011)。高濃度のヒ素は 150m より浅いチューブウェルから検出され、浅いチューブウェルほど高濃度のヒ素汚染が多く見られた (図 4)。



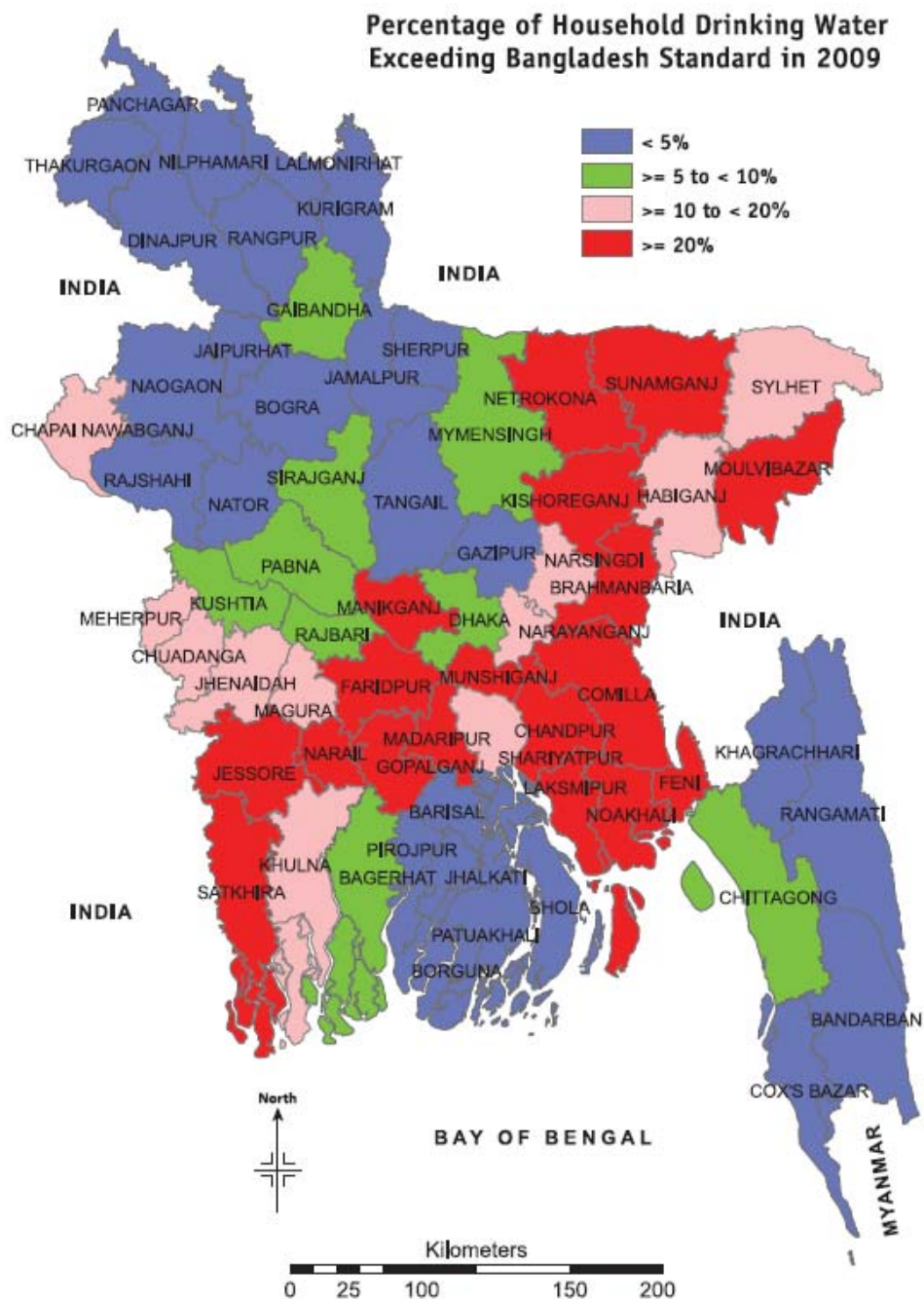
出典：BGS 2001

図 4 ヒ素の濃度とチューブウェルの深さ

DPHE と BGS の調査結果を受けて、ヒ素対策の取り組みが開始された。しかし、2009 年のバングラデシュ統計局 (Bangladesh Bureau of Statistics: BBS) と国際連合児童基金 (United Nations Children's Fund: UNICEF) の調査では、依然として 2,200 万人が国家基準を上回るヒ素を含む水を飲用していると報告された。この調査では、全国 15,000 世帯をランダムに抽出し、各家庭が提供した普段使っている飲用水を検査したが、サンプルの 12.6% から国家基準を超えるヒ素が検出された。このうちの 560 万人は、国家基準の 4 倍を超えるヒ素を含む水を飲用していると推定された¹¹ (BBS/UNICEF 2009、BBS/UNICEF 2011)。各県のヒ素検出率は、国家基準の場合は図 5、WHO 基準の場合は図 6 のとおりである。国土を北西から南東に横断するように、シレット管区、チッタゴン管区北西部、ダ

¹¹ 2000 年から 2006 年まで実施された NAMIC の調査では 500 万台のチューブウェルを検査し、約 20% で国家基準を超えるヒ素が検出された。国家基準を超えたチューブウェルには印がつけられた。ただし、検査に使われたキットは 0.01mg/L 程度のヒ素は検出できないこと、検出結果の正確性を確認する手順が取られていないことなど問題がある (BBS/UNICEF 2011)。

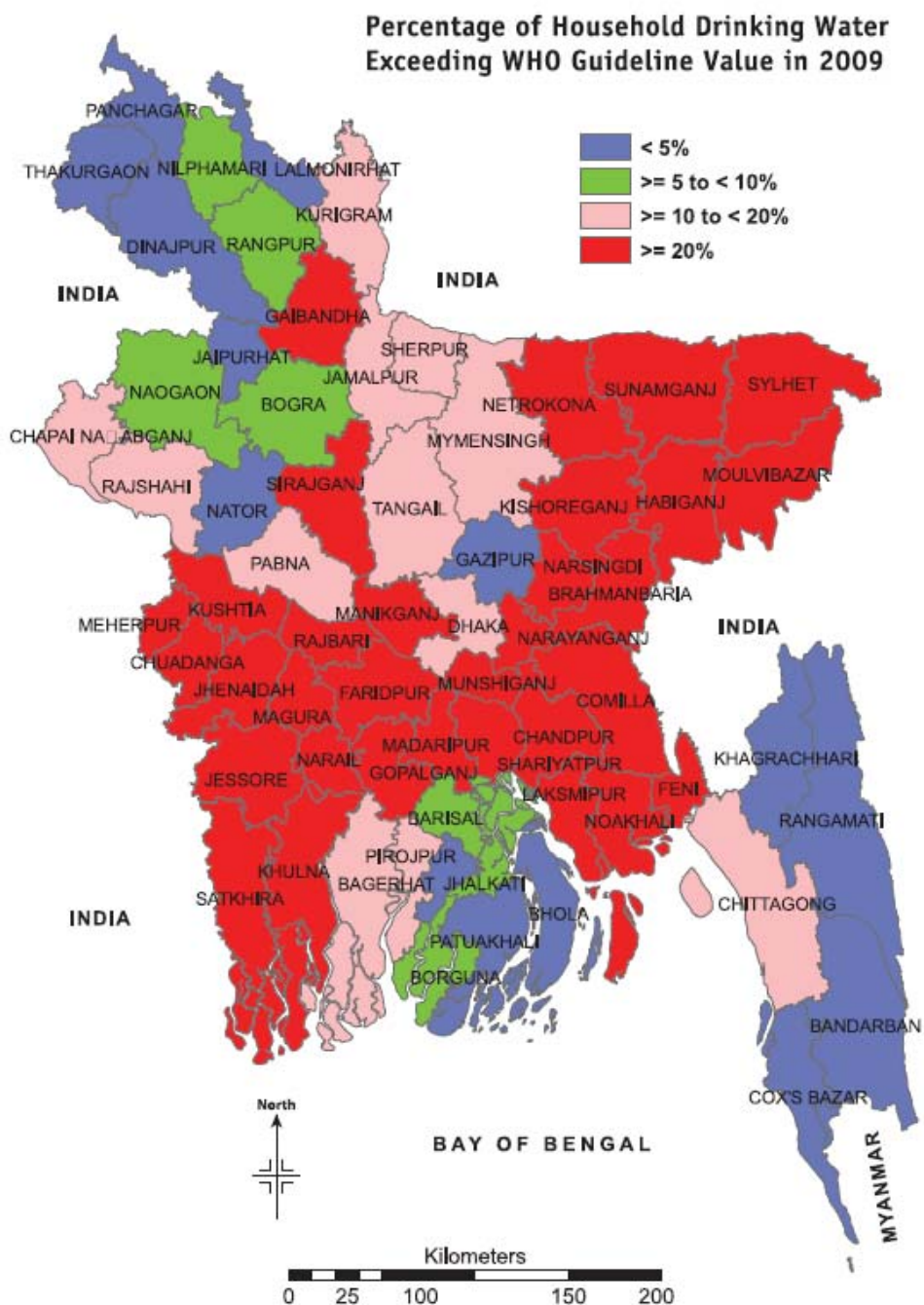
ッカ管区南部、クルナ管区で検出率が高くなっている¹²。



出典：UNICEF 2010

図 5 国家基準を超えるヒ素の検出率

¹² ただし、検出率が低くても、人口密度が高い地域では多くの人がヒ素汚染の危険にさらされているため注意が必要である。例えば、ダッカ県の検出率は5%程度であるが、人口は1,200万人であることから60万人が国家基準を超えるヒ素を含む水を飲用しているおそれがある。一方、メハーパー県の検出率は17%であるが、人口は65万人であることからヒ素汚染水を飲用している人口は11万人と推測される。



出典：UNICEF 2010

図 6 WHO 基準を超えるヒ素の検出率

DPHE では、BBS と UNICEF の調査とは別に、2009 年時点で国家基準を超えるヒ素を含む水を飲用しているおそれのある人口を 9,169,615 人と推計しているが、その根拠は定かで

ない。DPHE では、世界銀行の支援を受け、政府機関や国際機関が設置したチューブウェルのマッピングを開始しているが、完成は 2015 年以降の見込みである¹³。

2009 年のサンプル調査では、給水技術別にヒ素濃度を調べている（表 7、図 7）。いずれの給水技術も、WHO 基準を上回るヒ素を検出したサンプル数の方が圧倒的に少ない。しかし、利用者の絶対数が多いシャロー・チューブウェルとディープ・チューブウェル、敷地内へパイプ給水、公共のパイプ給水ポイントについては、少なくともサンプルの 10%で WHO 基準を上回るヒ素が検出されている。一番利用者が多いシャロー・チューブウェルについては、少なくともサンプルの 10%でより緩やかな国家基準をも超えるヒ素が検出されている。安全とされる量の 28 倍から 91 倍のヒ素が検出されたサンプルもあった。

一方、地表水はサンプルの 90%以上でヒ素の含有量が WHO 基準を下回っている。検出された最大値（0.048 mg/L）は、WHO 基準は上回るが国家基準を下回り、地表水はヒ素の面では比較的安全な水源である。こうしたことから、バングラデシュ政府は飲用水に地表水を最大限活用する方針を掲げている。

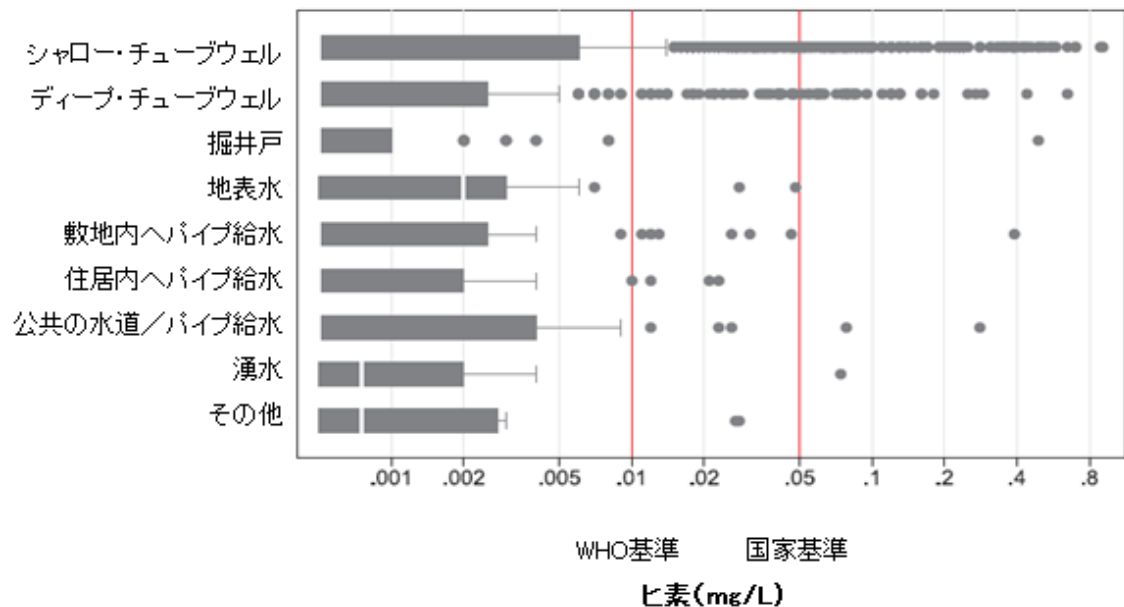
表 7 給水技術別のヒ素検出量(mg/L)

給水技術・飲用水源	サンプル数	中央値	第 9 十分位数	平均値	最大値
シャロー・チューブウェル	2060	0.001	<u>0.050</u>	0.021	<u>0.910</u>
ディープ・チューブウェル	526	0.001	<u>0.035</u>	0.012	<u>0.650</u>
掘井戸	59	0.001	0.003	0.010	<u>0.490</u>
地表水	67	0.002	0.004	0.003	0.048
敷地内へパイプ給水	54	0.001	<u>0.012</u>	0.011	<u>0.390</u>
住居内へパイプ給水	48	0.001	0.004	0.002	0.023
公共のパイプ給水ポイント	44	0.001	<u>0.012</u>	0.011	<u>0.280</u>
湧水	22	0.001	0.004	0.005	<u>0.074</u>
その他	16	0.001	<u>0.027</u>	0.004	0.028

注) 斜体は WHO 基準を超えた数値、下線は国家基準を超えた数値を示す。

出典：BBS/UNICEF 2011 を基に調査団作成

¹³ DPHE のヒアリングによる情報。県毎の内訳は付属資料 A に示す。



出典：BBS/UNICEF 2011

図 7 給水技術別のヒ素検出量の分布

3-2-2 鉄

鉄は人体に必要な栄養素のひとつであるが、過剰摂取は慢性疲労、関節痛、腹痛、肝疾患（肝硬変、がん）、糖尿病、心臓発作や心不全、肌の色の変化、月経不順、変形性関節症、骨粗しょう症、脱毛、肝臓拡大、脾臓、不妊症、甲状腺機能低下症、性腺機能低下症、下垂体機能低下症、副腎機能低下症、うつ病、神経変性疾患などを引き起こすおそれがあり、死に至るケースもある¹⁴。鉄の平均的な致死量は、体重 1kg あたり 200-250mg とされているが、体重 1kg あたり 40mg の摂取で死に至ったケースも報告されている。

鉄分の摂取について、WHO は健康への影響に基づく基準は設けていないが、浄水処理での鉄の役割と見た目への影響をふまえ、0.3mg/L をガイドライン値としている。国際連合食糧農業機関（Food and Agriculture Organization: FAO）と WHO の合同食品添加物専門家会議（Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: JECFA）では、人体への鉄の過剰摂取と蓄積の影響を考慮して、2mg/L に相当するガイドライン値を提案している（WHO 2003）¹⁵。バングラデシュ政府は、0.3-1.0mg/L の国家基準を独自に設けている（BBS/UNICEF 2011）。

¹⁴ Iron Disorders Institute (<http://www.irondisorders.org/>)

¹⁵ WHO は 1 日に体重 1 kg あたり 0.4~1.0mg 程度の鉄分の摂取による健康被害は小さいとしている。JECFA は、1983 年に予防処置として、暫定最大一日耐容摂取量（PMTDI）を体重 1 kg あたり 0.8mg としている。一日の摂取量の 10%が飲用水によるものだとすると、2mg/L の水質基準に相当する。

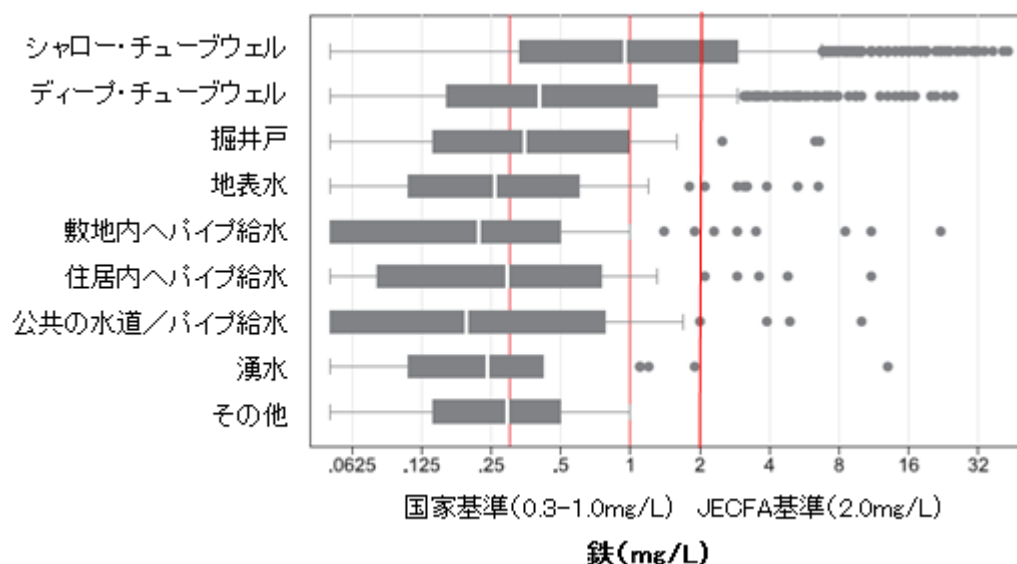
先に紹介した 2009 年のサンプル調査では、64 県中 61 県で JECFA 基準 (2mg/L) を超える鉄が検出されている。ボリシャルを除くすべての管区で 10mg/L を超える高濃度の鉄が検出されている。給水技術別にみても、すべての技術で 2mg/L を超える鉄が検出されている (表 8、図 8)。とくに、シャロー・チューブウェルについてはサンプルの半数以上で 2mg/L を超える濃度の鉄が検出され、最大値は 43mg/L であった。ディープ・チューブウェルと敷地内へパイプ給水については、それぞれ最大で 25mg/L と 22mg/L の鉄が検出されている。バングラデシュの飲用水は鉄の含有量が高いと推測される。

表 8 給水技術別の鉄検出量(mg/L)

給水技術・飲用水源	サンプル数	中央値	平均	最大
シャロー・チューブウェル	2060	0.95	2.65	43.00
ディープ・チューブウェル	526	0.41	1.37	25.00
掘井戸	59	0.35	0.74	6.60
地表水	67	0.26	0.69	6.50
敷地内へパイプ給水	54	0.22	1.20	22.00
住居内へパイプ給水	48	0.30	0.84	11.00
公共の水道／パイプ給水	44	0.20	0.78	10.00
湧水	22	0.24	0.98	13.00
その他	16	0.30	0.35	1.00

注) 斜体は JECFA ガイドラインを超えた値を示す

出典：BBS/UNICEF 2011 を基に調査団作成



出典：BBS/UNICEF 2011 を基に調査団作成

図 8 給水技術別の鉄検出量の分布

3-2-3 マンガン

マンガンは鉄と同様、人体に必要な要素であるが、近年、過剰摂取による神経への影響、とくに子どもへの影響が懸念されるようになった。マンガンの過剰摂取は、パーキンソン病に似た中枢神経系障害、精神障害、マンガン肺炎の原因となるマンガン中毒のおそれがある¹⁶。

マンガンの国家基準は 0.1mg/L、WHO 基準は 0.4mg/L である。2009 年のサンプル調査では、サンプルの 61%が国家基準を上回り、35%が WHO 基準を上回った。鉄同様、バングラデシュ全土で国家基準を超える濃度が検出されている。給水技術別にみると、シャロー・チューブウェルと掘井戸から採取されたサンプルより高い濃度が検出されている。ディープ・チューブウェルの検出量は比較的に低い（表 9、図 9）。

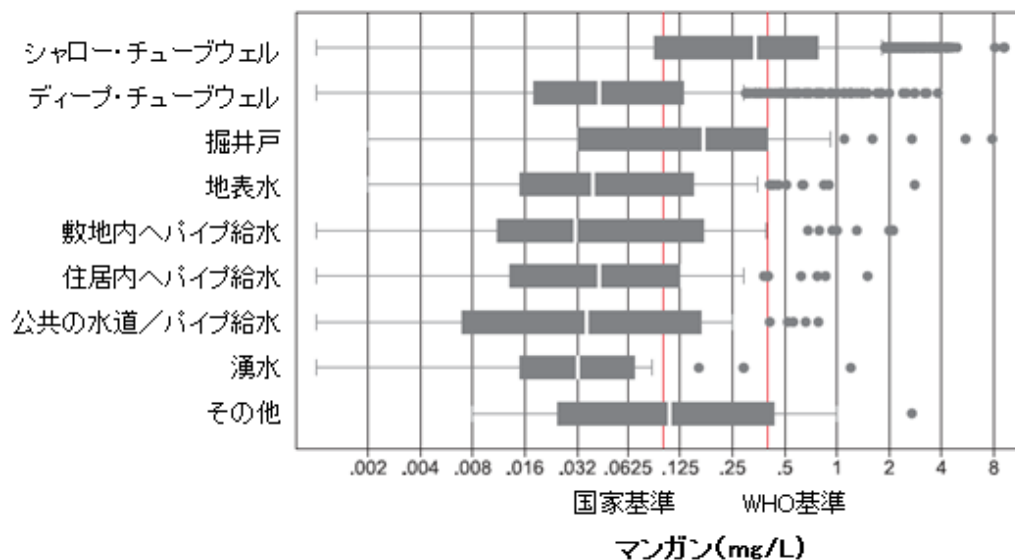
表 9 給水技術別のマンガン検出量(mg/L)

給水技術・飲用水源	サンプル数	中央値	平均	最大
シャロー・チューブウェル	2060	<i>0.34</i>	<u>0.61</u>	<u>9.20</u>
ディープ・チューブウェル	526	0.04	<i>0.19</i>	<u>3.80</u>
掘井戸	59	<i>0.17</i>	<u>0.50</u>	<u>7.80</u>
地表水	67	0.04	<i>0.17</i>	<u>2.80</u>
敷地内へパイプ給水	54	0.03	<i>0.25</i>	<u>2.10</u>
住居内へパイプ給水	48	0.04	<i>0.15</i>	<u>1.50</u>
公共の水道／パイプ給水	44	0.04	<i>0.12</i>	<u>0.78</u>
湧水	22	0.03	<i>0.11</i>	<u>1.20</u>
その他	16	<i>0.11</i>	<i>0.38</i>	<u>2.70</u>

注) 斜体は WHO 基準を超えた数値、下線は国家基準を超えた数値を示す。

出典：BBS/UNICEF 2011 を基に調査団作成

¹⁶ 独立行政法人国立健康・栄養研究所 (<https://hfnet.nih.go.jp/>)



出典：BBS/UNICEF 2011

図 9 給水技術別のマンガン検出量の分布

水中のヒ素の一部は、鉛、金、銀、水銀、鉄などの金属と反応し、化合物として存在する。ヒ素は、金属が多く溶け込んでいる水に多く存在する傾向にある。このため、鉄やマンガンなど金属の味が強い水を避けることにより、ヒ素に汚染された水のある程度避けることができる。金属の含有量が多い水の場合、水中の金属が酸化して沈殿する際にヒ素の化合物も一緒に沈殿するため、ヒ素濃度を下げることができる。こうしたことから、技術的には鉄やマンガンはヒ素に比べて除去が容易であるが、除去することによりヒ素が含まれている水の識別を難しくするとの指摘もある（BBS/UNICEF 2011）。

3-2-4 塩

塩分の過剰摂取は、高血圧症、腎臓疾患、不整脈や心疾患につながるおそれがある。WHO は、塩分（Na）の摂取は、16 歳以上で一日最大 2g（食塩で 5g 相当）を推奨している。WHO は塩分の水質基準は設けていないが、バングラデシュでは 200mg/L の国家基準が設けられている¹⁷。200mg/L とは、塩の味が識別できる濃度であり、水道の塩分濃度は通常、20mg/L 程度である（河野 2008、BBS/UNICEF 2011、WHO 2012）。

バングラデシュの国土の大半はデルタ地帯であることから、地下水の帯水層に古代の海水が閉じ込められている地域が点在するほか、南部の海拔 0m 地帯では海水の逆流により地表には塩分が多く含まれる。2009 年のサンプル調査では、28 県で国家基準を超える塩分が検

¹⁷ 日本の基準値も同じである。厚生労働省 水質基準項目と基準値
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html>

出されている（表 10）。

表 10 地域別の Na 検出量 (>200mg/L)

県	サンプル数	中央値	平均値	最大値
ボルグナ	35	280	371	1100
ポリシャル	65	230	226	670
ジャロカティ	26	320	446	1500
プトゥアカリ	46	190	210	390
ピロジプール	40	310	365	1700
バンドルボン	44	17	40	350
ブラモンバリ	52	20	32	250
チャンドプール	47	64	146	920
チッタゴン	92	51	148	1200
コミラ	86	44	76	780
コックスバザール	38	40	97	690
フェニ	38	32	104	570
ラクシュミプール	32	65	226	1200
ノアカリ	51	89	202	1100
ゴバルガンジュ	31	150	304	970
キシヨレガンジュ	75	42	71	260
マダリプル	22	53	126	360
ムンシゴンジ	36	66	121	420
ナラヤンゴンジ	31	81	100	350
ネトロコナ	53	52	88	280
シャリアトプル	36	80	137	840
バーゲルハット	54	260	274	930
ジョソール	43	43	99	510
クルナ	64	250	303	1100
マグラ	27	37	56	210
ナライル	21	230	240	590
サトキラ	39	110	189	910
スナムガンジ	65	62	65	220

注）斜体は国家基準を超えた数値を示す。

出典：BBS/UNICEF 2011 を基に調査団作成

沿岸部のボルグナ、ポリシャル、ジャロカティ、ピロジプール、バーゲルハット、クルナ、ナライル各県では、サンプルの過半数より国家基準を上回る塩分 (Na) が検出されている。このうち、ボルグナ、ジャロカティ、クルナでは、1 リットルの水から 1 日の推奨上限摂取量の半分以上 (1000mg/L)、ピロジプールではその 8 割以上 (1700mg/L) の塩分が検出されている。

3-2-5 地下水位の低下

バングラデシュでは灌漑用水の需要増加と都市部での水需要増加に伴い、地下水の汲み上げ量が増加し、地下水位が低下していることが問題視されている。本来であれば、地下水は雨期の降水により補充されるが、水需要が多いダッカ市近郊やラジュシャヒ管区では補

充が間に合わず、地下水位は年々低下する傾向にある。

3-2-6 岩盤地帯

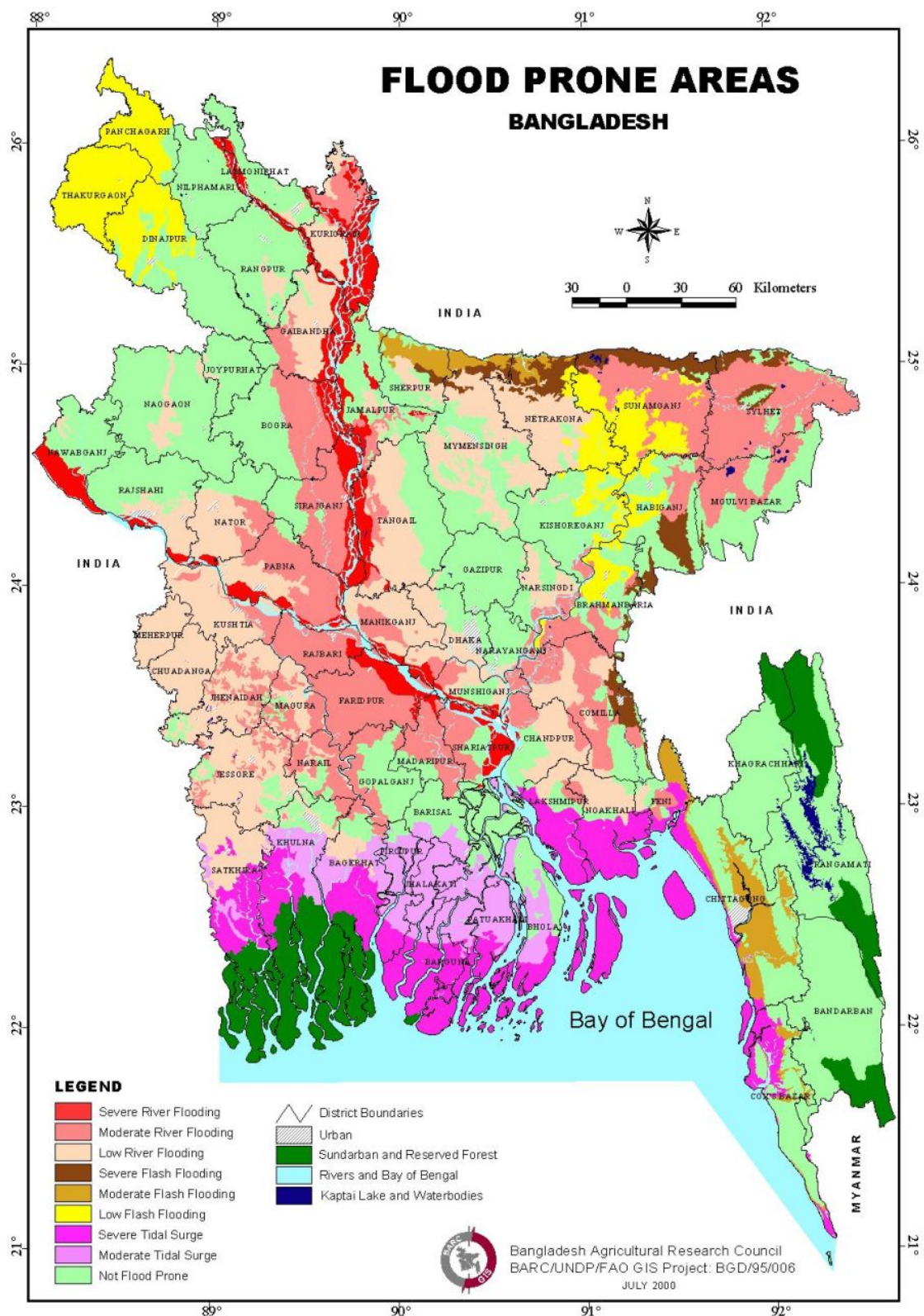
バングラデシュ北西を流れるジャムナ川沿いの地域、西部のジョソール県、ナトレ県、パブナ県、北東部のシレット県の一部は、岩盤地帯であるためチューブウェルの掘削は難しい（LGD 2011）。

3-2-7 病原菌

バングラデシュでは衛生設備や衛生教育が不足していることもあって、地表水には病原体が含まれる場合が多い。チューブウェルの導入が難しい地域などでは、汚染された地表水を飲用している住民が依然として多く存在する。人力で掘られる堀井戸の場合、掘削時の衛生管理が行き届いていないこと、病原菌が付いた桶で井戸から水を汲むことなどにより、病原体が混入する。ろ過機能がついた貯水タンクに地表水を入れて使う PSF の場合、水源の貯水池で水浴びをするなど人体が原水と接触する可能性が高いため、病原体混入の危険性が高い。これらの給水施設では、高濃度の耐熱性大腸菌群が検出された例がある（LGD 2011）。とくに、雨期に高濃度の耐熱性大腸菌群が検出されており、雨水が地表などの病原菌を洗い、水源汚染が深刻化していると考えられる（APSU 2005）。

チューブウェルから耐熱性大腸菌群が検出された例もある。チューブウェルは地下水を直接取水しているため、病原菌が含まれる可能性は小さいが、設置工事の際に汚染した水を使うことで病原菌が混入する可能性が指摘されている（APSU 2005）。

バングラデシュでは雨期の 6 月から 9 月にかけて洪水が頻発する。隣国インドから流れ込むパドマ川、ジャムナ川、メグナ川の 3 大河川の流量は増加し、広範囲にわたって洪水が起きる。南部では高潮による浸水、東北地域では鉄砲水が発生する（図 10）。



出典：FAO (<http://www.fao.org/asiapacific/bangladesh/en/>)

図 10 洪水になりやすい地域

近年では、1988 年、1998 年、2004 年に大規模な洪水が起こり、国土の 25~50%が浸水被害を受けた。洪水後には下痢性疾患の症例が増え、毎回 300,000~400,000 件の事例があったと報告されている。これは、洪水により下水処理設備が損壊し、浄水・給水設備が冠水・損壊することにより病原菌が飲用水に混入することが一因であるとされている（Schwartz et al 2006）。対策として、チューブウェルの給水口が冠水しないようにする工事などが始められた。

2007 年の洪水では 600,000 人が被災したが、浸水地域での下痢症例数は 80,000 件と比較的少なかった。浸水地域には 500,000 台のチューブウェルがあり、そのうち 10~15%が被害を受けた。これらについては、DPHE が土台の高さをあげ、殺菌消毒するなどの処置を取った¹⁸。ほかに、浄水剤 2000 万錠、消毒用漂白剤、可動式水処理装置を備えるなど、引き続き洪水対策が進められている¹⁹。

3-2-8 特殊地域

バングラデシュ政府はチョール（Char）と呼ばれる中州、ビール（Beel）と呼ばれる沼地、ハオール（Haor）と呼ばれる湿地帯、沿岸地域、丘陵地帯、孤立地域、水源が不足している地域など 684 のユニオンを水の供給が困難な特殊地域として特定している（LGD 2011）。

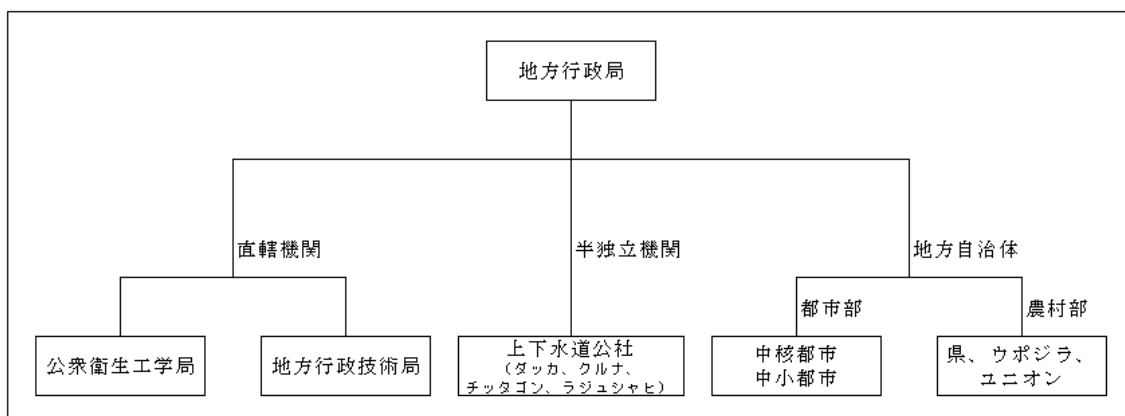
3-3 給水課題への取り組み状況

3-3-1 関係行政機関

バングラデシュの給水事業は LGD が所管している。ダッカ、チッタゴン、クルナ、ラジュシヤヒ各市の給水事業は、それぞれに設けられた上下水道公社（Water Supply and Sewerage Association: WASA）が行う。農村部では、主として DPHE が給水施設の整備などの給水関連事業を実施している。地方行政技術局（Local Government Engineering Department: LGED）は市場の給水ポイント整備などで給水関係の事業を行う。ウポジラやユニオンが給水施設の整備を支援・実施することもある。村落給水事業は、ウポジラやユニオンの給水衛生委員会（Water Supply and Sanitation: WATSAN）の管理下で、DPHE や NGO などが実施する例も見られる。国レベルでは、LGD に設置された水供給・衛生のための国家フォーラム（National Forum for Water Supply and Sanitation: NFWSS）が調整を行う。

¹⁸ Oxfam (<http://www.oxfam.org/>)

¹⁹ IRIN (<http://www.irinnews.org/report/73894/bangladesh-effective-systems-keep-diarrhoea-in-check-even-during-floods>)



出典： LGD 2011 を基に調査団作成

図 11 給水分野の機関

3-3-2 主な給水技術

バングラデシュ農村部で最も一般的な給水技術はシャロー・チューブウェルである。このほかに、ディープ・チューブウェル、堀井戸、雨水貯留システム、PSF、ヒ素除去フィルターなどの給水技術が利用されている。水道管による戸別給水（パイプ給水）は一般的でない。

シャロー・チューブウェルは、DPHE が貧困層を対象に 1970 年代から無償で設置を進めたことや安価なことから急速に普及し、現在では最も多く利用されている。先に述べたとおり、下痢性疾患の減少に大きく貢献したが、水源とする浅い帯水層のヒ素汚染が各地で明らかになり、積極的に普及することが難しくなっている。DPHE は代わりにディープ・チューブウェルの利用を推奨しているが、高価なためシャロー・チューブウェルのように各家庭に設置することは難しい。DPHE は学校など公共の場に設置することで、ディープ・チューブウェルの普及を図っているが、自宅敷地内で水を確保することに慣れてしまった家庭は、公共の給水ポイントに水を汲みに行くことに大きな不便を感じている。

堀井戸、雨水貯留システム、PSF についても、各家庭に設置するには高価なため共用設備として設置されているが、上述の課題に加え、病原菌の混入や維持管理の難しさなどが普及を妨げている。

ヒ素除去フィルターについては、単価こそほかのシャロー・チューブウェルに代わる技術より安いですが、6 カ月に一回などの定期交換が必要なため、支出は多くなる。交換時期の判断が難しいため、安全な水を供給する対策としては課題が残る。

表 11 給水技術の特徴と課題

給水技術	概要
シャロー・チューブウェル	特徴 チューブ状の直径の小さな穴を掘り、ハンドポンプを使って地下水を揚水する技術。日本では、管井戸もしくは堀抜き井戸と呼ばれる。取水口にはろ過機能があるが、特別な浄水機能はない。代表的なものは Tara handpump tubewell と Tara II handpump tubewell であるが、前者は地下 15m、後者は地下 30m から取水することが可能である。ほかの給水技術に比べて安価であり、1970 年代にから DPHE が貧困層を対象に無償設置を進めたため、急速に普及した。³ 供給人口：1 世帯 価格：2,700 円～6,750 円（2～5,000 タカ）² 課題 ・ 水源の浅い帯水層にはヒ素が含まれている可能性がある ・ 地下水位低下のため、利用できない地域がある ・ 岩盤地帯では設置できない
ディープ・チューブウェル	特徴 シャロー・チューブウェルより深い帯水層から取水するチューブウェル。定義は一定でなく、バングラデシュで活動している NGO の WaterAid は 75m 以深、SDP 2011 は 100m 以深、DPHE ウェブサイトは 150m 以深のチューブウェルをディープ・チューブウェルと分類している。150m から取水可能な製品としては Mark-3 や Afridev pump がある。基本構造はシャロー・チューブウェルと同じ。 供給人口：50 人¹ 価格：初期費用 78,968 円（750 米ドル）、年間運営管理費 1,053 円（10 米ドル）¹ 課題 ・ 高価 ・ 深い帯水層もヒ素汚染の可能性がある

堀井戸	<u>特徴</u> 直径 1.5m 程度の穴を人力で掘り、内壁を石、レンガ、タイル、木材で覆った井戸。人力で掘るため、地盤が粘土、砂、砂利の地域で主に用いられる。岩盤地帯には適さない。深さは 3m から 20m 程度が一般的である。既知の帯水層がある場合は 30m 近く掘られることもある。掘った穴にリング状のプレキャストコンクリート（レンガ、石、コンクリートブロックを使うこともある）を地面から突き出すように設置し、井戸口をコンクリートの平板などで覆い、その上にハンドポンプを設置したものをリング・ウェル、プロテクテッド・ウェルと呼ぶ。 <u>供給人口</u>：50 人¹ <u>価格</u>：初期費用 81,389 円（773 米ドル）、年間運営管理費 8,423 円（80 米ドル）¹ <u>課題</u> ・ 設置後、塩素消毒の必要がある ・ 井戸水を汲み上げるバケツなどを清潔に保つ必要がある ・ 病原菌混入の危険性が高い
雨水貯留システム	<u>特徴</u> 雨水をタンクに貯めて使うシステム。DPHE の雨水貯留システム（Rain Water Harvesting System の頭文字をとり RWHS と呼ばれる）は 2,500L のタンクで 3～5 世帯（25～30 人）に約 7 カ月間給水するもの。雨水は通常、屋根や雨どいを伝ってタンクに集められる。 <u>供給人口</u>：3～5 世帯（25～30 人）³ <u>価格</u>： 1 台（3～5 世帯、25～30 人） 14,850 円（11,000 タカ）³ 1 台（50 人） 初期費用 90,022 円（855 米ドル）、年間運営管理費 2,685 円（25.5 米ドル）¹ <u>課題</u> ・ 農村部の屋根は通常、わらぶきのため、トタンなどを設置する必要がある ・ 一年分の水を確保するためには、大規模な貯水タンクが必要 ・ 病原菌の混入のおそれがある ・ 高価

ポンド・サンド・フィルター (PSF)	<u>特徴</u> 川や池からハンドポンプで取水した水をタンクに注入して砂でろ過する。ろ過された水は貯水用タンクに貯められ、その蛇口から給水する仕組み。地下水が塩水の地域で主に利用されている。川や貯水池のそばに設置されることが多い。ろ過に使われる砂は通常、2 カ月に一回の交換が必要である。濁度や細菌の除去に効果的とされているが、すべての細菌が除去できるわけではない。³ <u>供給人口</u>：40 世帯（約 200 人）³ <u>価格</u>： 1 台（40 世帯、200 人） 40,500 円³ 1 台（50～150 人） 初期費用 63,069 円、年間運営管理費 8,423 円¹ <u>課題</u> ・ 工事の品質管理が容易でない ・ 水質の維持には、ろ過材の交換など、手間のかかるメンテナンスが必要 ・ 運営管理には、コミュニティの参加が不可欠 ・ 浄水の水質は原水の水質に多分に依存する ・ 給水速度に限りがある ・ 高価
--------------------------------	--

ヒ素除去フィルター ⁴	特徴： 性能や構造は製品により異なる。最も安価な家庭用の SONO フィルターは、砂、鋳鉄から作られたコンポジット・アイアン・マトリックス (Composite Iron Matrix: CIM)、レンガチップが層になったバケツと、砂、木炭、レンガチップが層になったバケツで水をろ過し、ヒ素を除去する仕組みである。ヒ素を完全には除去できないが、国家基準に適合するレベルまで除去可能 (A. Hussam、A K M Munir 2007)。 供給人口：- 価格： AKCAL：4,725 円 (3,500 タカ) / 6 カ月 / 1 世帯 READ-F：7,425 円 (5,500 タカ) / 30 カ月 / 1 世帯 SONO：3,645 円 (2,700 タカ) / 6 カ月 / 1 世帯 SIDKO：405,000 円 (300,000 タカ) / 6 カ月 / コミュニティ 課題 ・ ヒ素以外の化合物も同時に除去できるが、それが多いとフィルターの目詰まりを早め、有効期間が短縮される ・ 全国的なサプライチェーンが存在しない ・ 使用済みフィルターの廃棄には注意を要する ・ 交換時期の判断が困難 ・ 病原菌は除去できない ・ 高価
------------------------	--

出典：¹) UNICEF 2011、²) LGD 2011、³) DPHE²⁰、⁴) UNICEF 2010

²⁰ DPHE (<http://www.dphe.gov.bd/index.php>)

3-3-3 主な取り組み

農村部の給水に関する主な取り組みを表 12 にまとめた。

表 12 村落給水に関する主な取り組み

案件名	実施期間	実施主体	実施内容
ヒ素汚染対策水供給プロジェクト	1998-2006	世界銀行	チューブウェルのスクリーニング、ディープ・チューブウェルの設置、コミュニティ・アクション・プランの実施。
持続的砒素汚染対策プロジェクト	2005－2008	JICA	ジョソール県で代替給水技術を導入。
水供給プログラム・プロジェクト (BWSPP)	2005－2010	世界銀行	村落パイプ給水、都市給水、コミュニティベースの代替水源の設置。
衛生・水供給資金事業 (HYSAWA)	2006－2010 2012－2015	DANIDA	水供給・衛生セクターの開発計画策定支援。ラジュシャヒ・ウボジラ、ダッカ・ウボジラ、ヒ素汚染地域、氾濫湖、チッタゴン丘陵地帯、沿岸地帯などで、今まで水・衛生事業が実施されていない 350 ユニオンに技術・資金を提供。
水・衛生プログラム (WASH)	2006－2010	BRAC	給水・衛生設備の設置、公衆衛生
バングラデシュ衛生設備・衛生教育・飲用水供給プロジェクト (SHEWA-B)	2007－2013	UNICEF	衛生施設、衛生教育、水供給
日本ポリグル	2007－	日本ポリグル	ボルグナ県ポリルカル村で 1,700 人を対象に凝集剤で浄化した安全な水を供給。
グラミン・ベオリア・ウォーター	2009－	グラミン・ベオリア・ウォーター	ゴアルマリ・ウボジラとパドゥア・ウボジラに浄水場を設置。人口 40,000 人に、安全な水を供給。
地方行政 (ユニオン) による飲用水サービス支援事業 (草の根技術協力事業)	2011－2015	JICA	ジョソール県ジコルガチャ・ウボジラのユニオンによる水源データの管理、水供給計画の策定、不稼動水源の修復、新規水源の建設、水源登録制度の導入などを実施。
バングラデシュ農村給水・衛生事業	2012－2017	世界銀行	公共給水ポイントの設置・改修、水道の整備、PPP による水道管給水スキームの実施など。

(1) ヒ素汚染対策水供給プロジェクト

1998 年から 2006 年まで実施された「ヒ素汚染対策水供給プロジェクト」(Bangladesh Arsenic Mitigation Water Supply Project: BAMWSP) では、既設チューブウェル 470 万台のヒ素検査を行い、140 万台から国家基準を超えるヒ素を検出した。ヒ素汚染が認められた地域では、対策として 9,272 カ所にディープ・チューブウェル、393 カ所に堀井戸、300 カ所に雨水貯留システム、12 カ所に PSF が設置された。代替技術の設置・運営状況をモニタリングした結果、従来のシャロー・チューブウェルに比べて施工管理が困難で、頻繁な維持管理が必要であることが判明した。堀井戸と PSF については、未熟な施工、技術知識の欠如、設置後のフォローアップサポートの不足などから故障などの問題が生じていることが明らかになった。ディープ・チューブウェルの施工については、資材の調達管理がし

っかりしていたこと、施工期間中、住民が定期的にチェックを行ったことからほぼ問題がなかった。

（２）持続的砒素汚染対策プロジェクト²¹

国際協力機構（Japan International Cooperation Agency: JICA）は 2006 年に「砒素汚染対策プログラム」を形成し、西部の 4 県で 130 万人に安全な飲用水を提供することを目標とした取り組みを開始した。同プログラムは、①中央での政策支援（専門家の派遣²²）、②現場での対策実施、③水質検査体制整備—の 3 つのコンポーネントから構成され、「持続的砒素汚染対策プロジェクト」が②の下で実施された。

アジア砒素ネットワーク（Asia Arsenic Network: AAN）の協力を得て実施された持続的砒素汚染対策プロジェクトでは、2008 年 7 月 8 日までにジョソール県のシャシャ・ウボジラとチョーガチャ・ウボジラで合計 95 カ所に PSF、堀井戸、ディーブ・チューブウェル、ヒ素・鉄除去装置（Arsenic Iron Removal Plant: AIRP）を導入した²³。プロジェクト終了後、DPHE はこれらの地域に 840 台の代替給水技術を追加導入した。2012 年 11 月の事後調査では、プロジェクトが設置した給水設備は 23 カ所で地下水位の低下、ヒ素汚染の悪化のため使用停止となっていることが分かった。21 カ所では水不足の問題から、使用が雨期に限られていた。

（３）水供給プログラム・プロジェクト²⁴

世界銀行の支援を得て DPHE が実施した「水供給プログラム・プロジェクト」（Water Supply Program Project）は、①村落パイプ給水スキーム、②ポルシャバ給水コンポーネント、③農村地域代替給水技術スキーム、④キャパシティービルディングの 4 つのコンポーネントで構成された。

村落パイプ給水スキーム（Rural Piped Scheme Component）では全国 21 カ所に浄水場を設置する計画だった。2010 年 10 月までに 9,418 カ所（公共 168、敷地内 6,977、住居内 2,273）の給水ポイントが設置されたが、電力不足や浄水場設置許可が下りなかったことなどから 7 カ所の浄水場は稼動していない。

ポルシャバ給水コンポーネント（Pourashava Water Component）では、24 のポルシャバ

²¹ JICA (<http://www.jica.go.jp/project/bangladesh/0515032E0/outline/index.htm>)

²² 2000 年 10 月～2002 年 10 月（地方行政局）、2000 年 12 月～2006 年 11 月（公衆衛生工学局）、2004 年 7 月～2008 年 7 月（地方行政局）にヒ素汚染対策アドバイザーを派遣。

²³ 導入された給水技術の内訳は、PSF30 カ所、堀井戸 17 カ所、ディーブ・チューブウェル 19 台、ヒ素・鉄除去装置 29 台である。なお、2008 年 7 月 8 日現在、さらに 49 の設備が建設中である（JICA 2008）。

²⁴ 世界銀行 2011

で穴あけ試験、チューブウェルとポンプの設置、給水管敷設を行い、9,156 カ所（住居内と公共）に給水ポイントを設置した。

農村地域代替給水技術スキーム（Rural Non-Piped Water Component）では、ヒ素汚染が深刻なムンシゴンジ県とサイクロン被災地を対象に、約 13,500 カ所にディープ・チューブウェルを中心とした給水設備を設置した。

（４）衛生・水供給資金事業²⁵

デンマーク国際開発援助活動（Danish International Development Assistance: DANIDA）が 1999 年に開始した「水供給・衛生セクター計画支援」（Water Supply and Sanitation Sector Programme Support: WSSPS）の一環として実施されている「衛生・水供給」（Hygiene, Sanitation and Water Supply: HYSAWA）資金事業は、ユニオン・パリシャドもしくは地域団体が実施する衛生習慣の改善促進活動と貧困層や社会的弱者を対象とした安全な飲用水・衛生設備へのアクセス改善事業に技術と資金を提供するものである。

2011 年までに、全国のユニオン・パリシャドによって 34,266 カ所に給水ポイント（給水人口 247 万人）が設置されたほか、バリンド多目的開発局（Barind Multipurpose Development Authority: BMDA）によって北部の 13 県にて 200 のパイプ給水システムが導入され、9,362 カ所に給水ポイントが設置された。また、オーストラリア国際開発庁（Australian Agency for International Development: AusAID）による資金支援を受けて、灌漑・水管理センター（Center for Irrigation and Water Management: CIWM）と農村開発アカデミー（Rural Development Academy: RDA）は共同で、クルナ、バガールハット、サトキラ各県の 38 ユニオンでパイプ給水システムを導入し、4,187 カ所に給水ポイントを設置した。このうち 278 カ所は個人宅に設置された。HYSAWA 資金事業は 2016 年まで継続される見込みである。

（５）水・衛生プログラム²⁶

2006 年に開始され、現在では 248 のウポジラで実施されているバングラデシュ農村向上委員会（Bangladesh Rural Advancement Committee: BRAC）の「水・衛生」（Water, Sanitation and Hygiene: WASH）プログラムは、衛生教育、制度構築、インフラ整備、ローカルサプライチェーンと企業家精神の育成を並行して行うことで、不衛生なトイレ、汚染された水、危険な衛生習慣のサイクルを断ち切ることを目的とする。給水技術の普及は、ディープ・チューブウェル（4,156 カ所、平均的な給水人口は 36 世帯、費用の 10-12%を地域住民が負担）、PSF（ヒ素汚染地域にて 16 カ所の PSF を設置）、パイプ給水システム

²⁵ HYWASA (<http://www.hysawa.org/>)

²⁶ WASH (<http://wash.brac.net/water>)

を対象としている。ヒ素中毒患者がいる家庭やヒ素汚染地域の家庭を対象に、ヒ素除去フィルター（Sono フィルター）を設置する取り組みも行っている。

WASH プログラムでは、各村に女性 6 名、男性 5 名から構成される委員会（Village WASH Committee: VWC）を設置し、2 カ月に 1 回、村全体の給水・衛生状況を評価することで、速急な対応が必要な課題を特定している。VWC では、公共給水ポイントの設置場所の選定、料金の回収、トイレの使用・メンテナンス状況の監視、貧困層へのマイクロ・ローンの提供なども行っている。

（6）バングラデシュ衛生設備・衛生教育・飲用水供給プロジェクト²⁷

「バングラデシュ衛生設備・衛生教育・飲用水供給プロジェクト」（Sanitation, Hygiene, Education & Water Supply in Bangladesh: SHEWA-B）では、英国国際開発省（Department for International Development: DFID）の支援を受けた DPHE と UNICEF が最貧層を対象に WASH（水供給・衛生教育・衛生設備）を促進している。中学校とスラム街での WASH の促進、ヒ素のスクリーニング、地方行政機関のキャパシティービルディングを行う。農村部では、20,500 カ所の給水ポイントを整備し、210 万人に安全な水を供給する計画である。2012 年 4 月までに 13,000 カ所で給水ポイントが整備され、130 万人に安全な水を供給した²⁸（UNICEF 2012b）。

SHEWA-B と並行して、カナダ国際開発庁（Canadian International Development Agency: CIDA）が支援するヒ素除去フィルターのモニタリングが行われている（UNICEF 2008）。

（7）日本ポリグルの取り組み

日本ポリグルは 2007 年にバングラデシュ南西部を襲ったサイクロン・シドルの被災地ボルグナ県で給水支援を行った。その後、安全な水に対する需要に着目した同社は 2009 年に F/S 調査、2010 年に実証事業を実施し、2011 年に Japan Poly-Glu (BD) Ltd を設立して村落給水事業に参入した。詳細は後述する。

（8）グラミン・ベオリア・ウォーターの取り組み

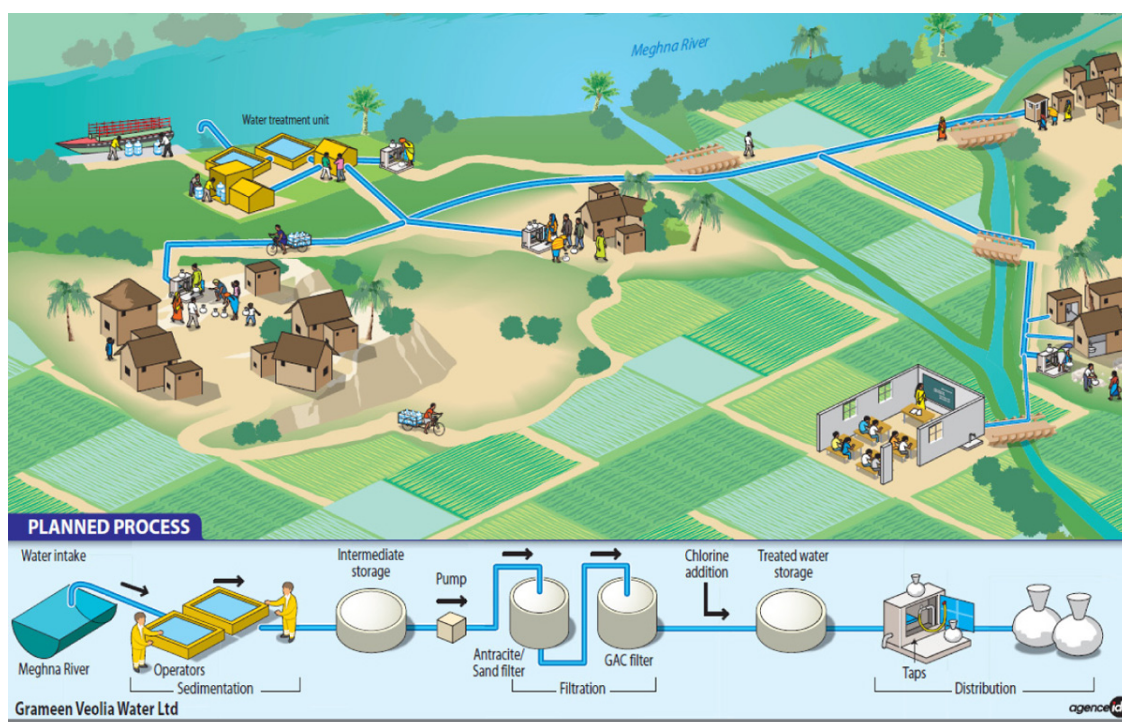
グラミン・ベオリア・ウォーター（Grameen Veolia Water Ltd.: GVW）は、10 万人に WHO 基準を満たす安全な飲用水を供給することを目的としたソーシャルビジネスである²⁹。2008 年に活動を開始し、2009 年 4 月にはダッカ市から約 50km 離れたコミラ県ゴアルマリ・ユニオンで浄水場と給水ポイント 11 カ所の運営を開始し、1,500 人に安全な水を供給してい

²⁷ UNICEF (http://www.unicef.or.jp/library/pres_bn2007/pres_07_06.html)

²⁸ SHEWA-B は当初、2006 年から 2011 年まで実施される予定であったが、開始が遅れたため 2013 年 6 月まで延長された。

²⁹ Grameen Veolia Water Ltd. (<http://www.grameenveolia.com/>)

る。2010 年 8 月には、パドゥア・ユニオンで浄水場と給水ポイント 20 カ所の運営を開始し、2,600 人に安全な水を供給している。これらの浄水場では、メグナ川から取水した原水を沈殿、無煙炭・砂ろ過、粒上活性炭（GAC）フィルター、塩素添加のプロセスで浄化している。2011 年からはゴアルマリ浄水場とパドゥア浄水場で生産された浄水を 20L 瓶に詰めて、ダッカ市内で販売している。瓶の水は保存性を高めるための追加処理が施され、毎日のように GVW の研究室とバングラデシュ国際下痢性疾病研究センター（International Centre for Diarrhoeal Disease Research, Bangladesh: ICDDR, B）の研究室で水質を検査している。GVW はソーシャルビジネスであるため、瓶詰めされた水の販売利益は浄水場の拡張費用として再投資されている。



出典：グラミン・ベオリア・ウォーター

図 12 Grameen Veolia Water Ltd. の浄水場

事業実施に際し、住民のモチベーションの喚起・維持が課題となったため、GVW は人類学者の協力を受けて 6 カ月間、住民の意識向上に努めた。安全な水の重要性を歌で伝える活動などを行った。

（９）地方行政（ユニオン）による飲用水サービス支援事業（草の根技術協力事業）

ジョソール県ジゴルガチャ・ウポジラの 30 万人を対象に 2011 年から 2015 年まで実施されるプロジェクトでは、ユニオンによる水源データの管理、水供給計画の策定、水源の修復、新規水源の建設、水源登録制度の導入、持続的な水供給・維持管理の提供に取り組む

予定である³⁰。

(10) バングラデシュ農村給水・衛生事業³¹

世界銀行はヒ素、塩、鉄、病原体などの問題がある 125 の地域を対象に、安全な水の供給と公衆衛生を促進することを目的として、「バングラデシュ農村給水衛生事業」(Bangladesh Rural Water Supply and Sanitation Project)を展開する計画である。20,000 カ所の公共給水ポイントの設置・改修、71,506 世帯の水道への接続、125 件の PPP によるパイプ給水事業の実施、給水事業者に対する支援の提供、383 のユーザー委員会の設置、2,125 件のモニタリング・試験の実施を目標とする。

同事業の給水分野の活動は、①村落パイプ給水、②代替技術による村落給水、③キャパシティービルディングからなり、②はパイプ給水では採算が取れない世帯数 600 世帯未満の村にディープ・チューブウェルを中心とした給水技術を導入する計画である。ヒ素対策が必要とされている地域では 14,000 カ所に給水ポイントを設ける。地域住民は給水設備の設置に際し、1,500～4,500 タカを負担する予定である。サイクロンや洪水の被災地では、約 6,000 カ所にディープ・チューブウェルを中心とした代替給水技術を導入する計画がある(世界銀行 2012)。

³⁰ JICA (http://www.jica.go.jp/partner/kusanone/partner/ban_07.html)

³¹ 世界銀行

(<http://www.worldbank.org/projects/P122269/bangladesh-rural-water-supply-sanitation-project?lang=en>)

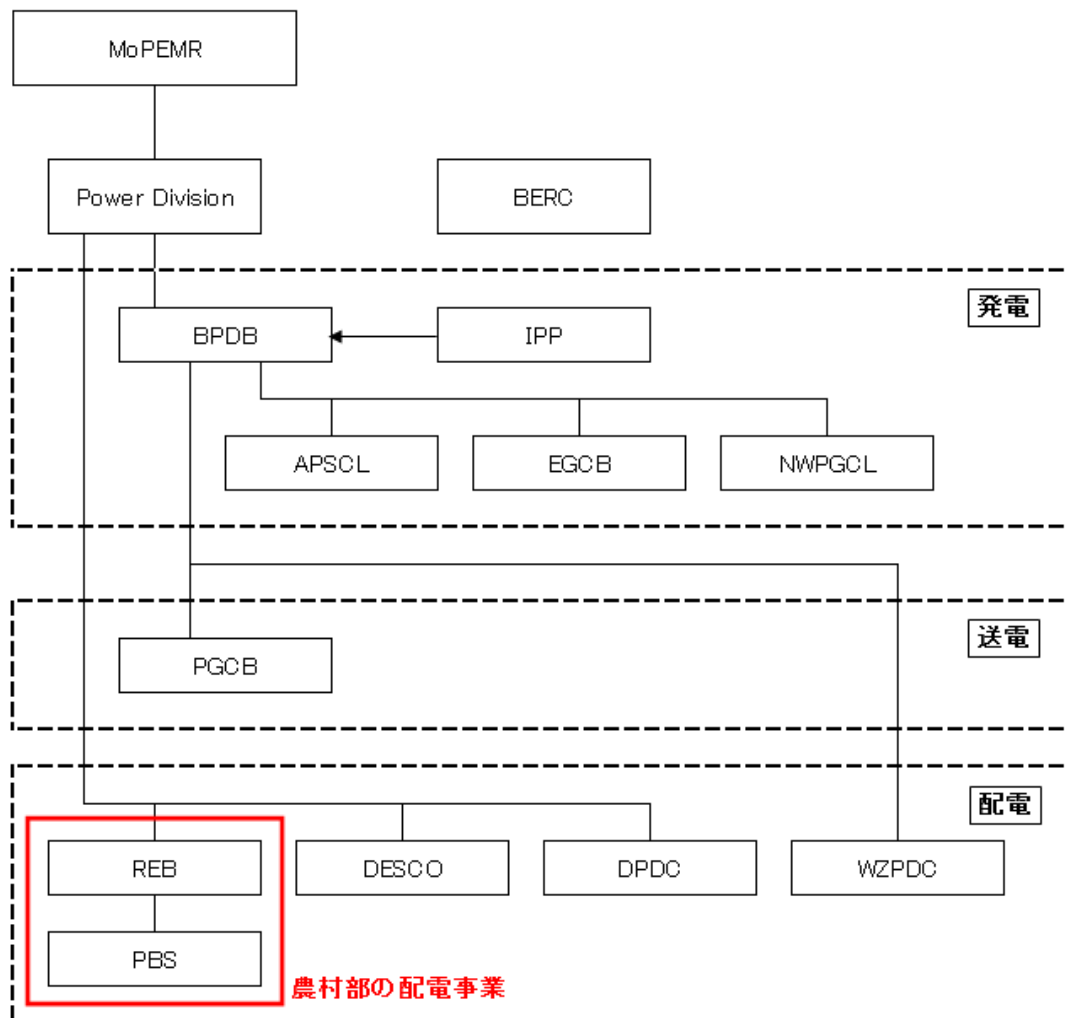
第4章 農村電化

4-1 農村電化の関連機関

バングラデシュの電力分野は電力・エネルギー・鉱物資源省（Ministry of Power, Energy and Mineral Resources: MoPEMR）電力局（Power Division）が所管する。発電事業は主として電力局傘下のバングラデシュ電力開発局（Bangladesh Power Development Board: BPDB）とその子会社³²、独立系発電事業者（Independent Power Producer: IPP）が実施している。送電は国営のバングラデシュ電力系統会社（Power Grid Company of Bangladesh Ltd.: PGCB）が担う。配電事業は大きく、都市部と農村部で分けられる。都市部はBPDB、ダッカ電力供給会社（Dhaka Electric Supply Company Limited: DESCO）、ダッカ配電公社（Dhaka Power Distribution Company: DPDC）、西部配電会社（West Zone Power Distribution Company: WZPDC）が配電事業を行う。農村部は農村電化公社（Rural Electrification Board: REB）が全国の計画・調整・取りまとめを行い、配電事業は各地の農村電化組合（Palli Bidyut Samity: PBS）が組合員に電力を供給するという形で実施されている³³。電力事業ライセンスや電力価格に関する許認可などは、2003年に設立されたエネルギー規制委員会（Bangladesh Energy Regulatory Commission: BERC）の役割である。

³² アシュガンジ発電所（Ashuganj Power Station Company Ltd.: ASPCL）、バングラデシュ発電会社（Electricity Generation Company of Bangladesh: EGCB）、北西部発電会社（North West Power Generation Company Limited: NWPGCL）

³³ PBSはアメリカの農村電力協同組合（Rural Electric Cooperatives）をモデルとした組織。2013年12月24日時点で、全国各地に70のPBSが設置されている。



出典：調査団作成

図 13 電力分野の機関

4-2 農村電化の状況

バングラデシュ全土の電化率は 2010 年時点で 47%であるが、都市部の 82%に対して農村部は 33%とまだまだ低い (IEA 2012)。2013 年には、農村部では全国 70 の PBS が 50,129 村で 838 万世帯に電力を供給している³⁴。この 1 年間で、新たに 49 万世帯が電化された。電力系統への接続率には地域差があり、ダッカ管区でもガジプール、ムンシゴンジ、ナラヤンゴンジ、ダッカ各県は 84~97%であるが、ネトロコナ県は 30.2%である。接続率が最

³⁴ REB、Rural Electrification Programme at a Glance (as on November' 2013)

(<http://www.reb.gov.bd/index.php/abreb/stat>)

REB、Management Information system (mis) for the Month of December 2013

(<http://www.reb.gov.bd/index.php/newsinfo/mis>)

も低い北部のラルモニルハット県は 20.1%である（BBS 2012）³⁵。

PBS は REB が BPDB から一括購入した電力の供給を受け、需要家に配電している。2010 年度の REB の電力購入量は 10,359.51GWh であった（表 13）。

表 13 REB の電力購入量の推移（GWh）

年	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11
電力購入量(GWh)	7,038.65	8,062.43	8,039.93	8,654.85	9,032.27	9,525.30	10,359.41
増加率（%）	-	14.55	-0.28	7.65	4.36	5.46	8.76

出典：BPDB 2011

バングラデシュ政府は 2021 年までに全人口に電力を供給することを目標としており、発電設備の増強と送配電網の整備を進めている。

4-3 未電化世帯の状況

電力系統に接続されていない世帯は、保有する電気製品も電力消費量も少ない。一般に、照明にはケロシンランプを使っている。2011 年にダッカ近郊で行われた調査では、未電化世帯の過半数が自宅では電気を使用していないことが分かった。一方、43%の未電化世帯は、電化世帯や商店で携帯電話やバッテリーを充電していた。照明については、96%の世帯が灯油を主なエネルギー源としていた（JETRO 2011）。

表 14 照明のエネルギー源（2011 年）

照明のエネルギー源	農村部(%)	都市部(%)
電力	48.8	88.7
太陽光	4.0	0.5
ケロシン	46.4	10.7
バイオガス	0.2	0.0
その他	0.5	0.1

出典：BBS 2012

表 14 にバングラデシュ各世帯の主たる照明エネルギー源について示した。未電化世帯が多い農村部では、46%がケロシンを使っている。系統電力がない地域ではケロシンの使用が一般的だが、近年、ソーラー・ホーム・システム（Solar Home System: SHS）の普及が急速に進んでいる。SHS は数 W から数十 W の太陽電池モジュール、鉛蓄電池、チャージコン

³⁵ 県毎の接続率は、付属資料 B に示す。

トローラーからなるシステムで、導入により家庭で照明器具の使用や携帯電話の充電ができるようになる。本調査で実施したボルグナ県の未電化村を対象にしたアンケートでは、50 世帯中 49 世帯が SHS を設置していると回答した。バングラデシュの SHS の潜在的需要は 600 万世帯と見られている（JICA 2012）。

4-4 農村電化の課題

2013 年 12 月までに農村部 2,467 万世帯中 838 万世帯が電力系統に接続されている。バングラデシュ政府は 2021 年までに電化率を 100%に引き上げることを目指しているが、残り 1629 万世帯を接続するには、今のペース（49 万世帯/年）で進んだ場合、30 年以上かかる。

送配電網の整備に加えて、電力量の確保も課題である。現在、電力供給は需要に応えることができていない。2010 年度のピーク需要 6,765MW に対する供給可能電力は 4,890MW（BPDB 2011）で、需要の 72%しか満たしていない。停電は日常的にあり、とくに農村部では、通電時間が 1 日 6 時間程度に制限されることもあるなど電力不足の影響をより強く受けている。電力需要は、BPDB は年間 10%のペースで増加すると予測するなど今後も急ピッチで増加すると見込まれるため、需要を満たすのは容易でない。

こうしたことから、電力系統の延伸により農村部に広く安定して電力が供給されるようになるのは、当分先のことだと考えられる。

4-5 オフグリッド電化の取り組み

先に述べたとおり、農村部では電力系統に接続されている世帯は 3 分の 1 に過ぎず、これが近い将来に飛躍的に改善される見込みは低い。このため、独立電源によるオフグリッド電化の取り組みも進められている。

4-5-1 ソーラー・エネルギー・プログラム³⁶

政府系金融機関のインフラ開発公社（Infrastructure Development Company Limited: IDCOL）は、NGO などの協力団体（Partner Organization: PO）を通じて、未電化世帯の SHS 導入を支援している。IDCOL は 2003 年 1 月に、世界銀行の「農村電化・再生可能エネルギー開発」（Rural Electrification and Renewable Energy Development: RERED）プロジェクトによりポリシャル、ナトレ、シラジガンジ、パプナ、スナムガンジ、コックスバザール各県を対象に SHS 普及プログラムを始めた。その後、アジア開発銀行（Asian Development Bank: ADB）、地球環境ファシリティ（Global Environment Facility: GEF）、ドイツ復興金融公庫（Kreditanstalt für Wiederaufbau: KfW）などの資金援助を受け、JICA の支援も決まるなど、プログラムの規模は拡大し、全国で実施されている。

³⁶ IDCOL (<http://www.idcol.org/energyProject.php>)

このプログラムは、近隣に電力系統がなく、近い将来に電力供給を受けることができる見込みがない世帯を対象に、SHS 導入に対する補助と低利融資を行う。対象世帯の所得をふまえ、最貧層が購入する小規模システムへの補助を厚くし、比較的ゆとりのある層が購入する大きめのシステムには融資のみを行う。2013 年 9 月時点では、補助は 30W 以下のシステムに限定している³⁷。一般的なシステムは 10～50W であり、価格は 9,800～72,900 タカである（JICA 2012）。

対象世帯を選定し、SHS を販売・設置して資金を回収するのは PO である。PO は通常、顧客から設置時に頭金を受け取り、残金を 3 年程度かけて回収する。販売する SHS の規模は、顧客の毎月の返済額が従来購入していた照明用ケロシンへの月々の出費と同等以下になるものを選ぶ。IDCOL は SHS 機材の購入費用への補助、PO が顧客にローンを提供するための資金提供などを行う。IDCOL は補助や融資に関する条件として、PO に適切な機材設置とアフターサービスの提供を義務づけていて、問題があった場合のペナルティも定められている。

PO で最も SHS 設置実績が多いグラミン・シャクティ（Grameen Shakti: GS）は、全国に 46 のグラミン・テクノロジーセンターを設置し、SHS の組み立てや維持管理に関する訓練、普及啓蒙などを実施している。商店を対象に、SHS を利用したマイクロ・ユーティリティ事業を展開するためのファイナンス事業も展開している（JICA 2012）。

SHS 普及プログラムは非常に成功しているプロジェクトだと評価されている。2013 年 1 月までの導入実績は 1,938,957 台で、累積投資額は 5 億米ドルに達している。IDCOL は 2014 年までに 250 万台の普及を目標としている。

ソーラーランタンについては、価格、性能、保証、盗難・紛失のおそれなどを考慮すると小規模 SHS に劣るため、IDCOL は SHS 普及プログラムの対象としてない。

4-5-2 家庭用バイオガス普及プログラム³⁸

IDCOL は PO とともにバングラデシュ政府、KfW などの資金で「家庭用バイオガス普及プログラム」（National Domestic Biogas and Manure Program: NDBMP）を実施している。2012 年 4 月までに 22,549 台の家庭用バイオガスダイジェスターを設置した。対象となる 1 日 1.6m³～4.8 m³のガスを生産する設備は、牛ふんで 43kg～130kg、鶏ふんで 23kg～68kg を必要とし、設置費用は 25,700～47,700 タカである。PO である GS は頭金を 15%とし、

³⁷ IDCOL からのヒアリング情報

³⁸ IDCOL (<http://www.idcol.org/energyProject.php>)

残金 85%を 24 カ月の分割払いで回収する融資制度を提供している。

NDBMP 以外でもバイオガスダイジェスターの導入実績はあるが、バイオガスは主に調理に使われ、発電に使われる例は少ない。

4-5-3 農村電化公社の取り組み

REB は 1993 年から SHS を導入しているが、導入数は少ない。2013 年 9 月までの導入実績は 15,250 台、合計設備容量は 825.5kW である。1993 年にソーラーランタンの充電ステーションモデルを試したが、住民が充電しに行くというモデルは浸透せず、継続されなかった。

4-5-4 その他の取り組み³⁹

(1) カパシア・ウボジラ・バイオマス発電所

IDCOL はドリーム・パワー社 (Dreams Power Private Limited: DPPL) のガジプール県カパシア・ウボジラのバイオマス発電所建設に資金支援を行った。もみ殻などの農業残渣を利用して住民 300 世帯と企業などに電力を供給する。

(2) ソーラー・マイクログリッド事業

IDCOL はチッタゴン県サンディップ島でのプロビ・グリーン・エネルギー社 (PUROBI Green Energy Limited : PGEL) の 100kW 太陽光マイクログリッド事業を支援している。390 の商店、ヘルスセンター 5 カ所、学校 5 校に電力を供給する。日射量が少ない季節は、併設する 40kW ディーゼル発電機を併用する。

4-6 再生可能エネルギーポテンシャル

4-6-1 太陽光

バングラデシュの太陽光エネルギー賦存量は、年間 380,054,187 MWh と推測される⁴⁰。平均日射量は、沿岸部では 3.5~4.0 kWh/m²・日、中央部では 4.5~5.0kWh/m²・日、北部では 5.5~6.5 kWh/m²・日である⁴¹。赤道に近いバングラデシュでは、一年を通して比較的安定した日射量が期待でき、日射量が多い 3 月から 6 月は月間平均日射量が 6kWh/m²・日に達する地点もある。6 月から 9 月の雨期についても 4kWh/m²・日以上の日射量が見込め、日射量が少ない 12 月、1 月は 4kWh/m²・日を少し下回る程度である (表 15)。太陽光発電

³⁹ IDCOL (<http://www.idcol.org/energyProject.php>)

⁴⁰米国の再生可能エネルギー研究所 (National Renewable Energy Laboratory: NREL) が開発した情報共有のためのオンラインプラットフォーム、Open Energy Information (<http://en.openei.org/wiki/Bangladesh>)。

⁴¹アメリカ航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration: NASA) の直達日射量 (Direct Normal Irradiation: DNI)・ソーラー/風力エネルギー資源アセスメント (Solar and Wind Energy Resource Assessment: SWERA) HP (<http://maps.nrel.gov/swera>)。

は、比較的安定して電力を供給できると見込まれる。

表 15 バングラデシュの平均日射量 (1988-1999)

月	ダッカ	ラジュシヤヒ	シレット	ボグラ	ボリシャル	ジョソール
1	4.03	3.96	4.00	4.01	4.17	4.25
2	4.78	4.47	4.63	4.69	4.81	4.85
3	5.33	5.88	5.20	5.68	5.30	4.50
4	5.71	6.24	5.24	5.87	5.94	6.23
5	5.71	6.17	5.37	6.02	5.75	6.09
6	4.80	5.25	4.53	5.26	4.39	5.12
7	4.41	4.79	4.14	4.34	4.20	4.81
8	4.82	5.16	4.56	4.84	4.42	4.93
9	4.41	4.96	4.07	4.67	4.48	4.57
10	4.61	4.88	4.61	4.65	4.71	4.68
11	4.27	4.42	4.32	4.35	4.35	4.24
12	3.92	3.82	3.85	3.87	3.95	3.97
平均	4.73	5.00	4.54	4.85	4.71	4.85

出典 : M. Islam et al, 2008

4-6-2 水力

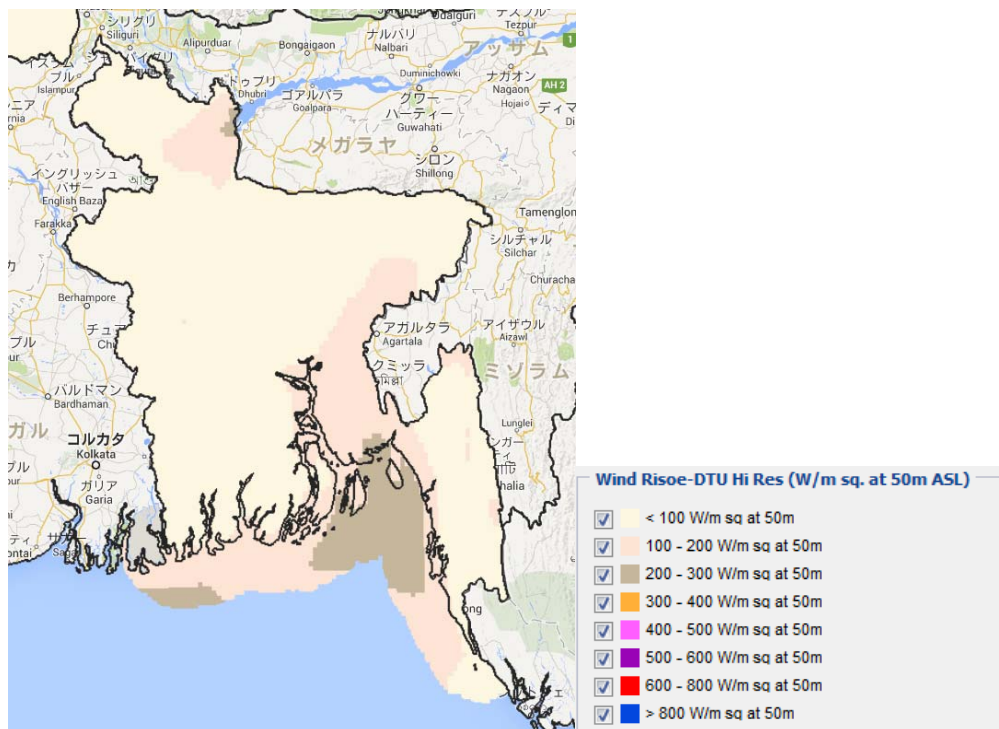
バングラデシュにはパドマ川、ジャムナ川、メグナ川の 3 大河川と数多くの支流があり、豊富な水資源を誇る。しかし、国土の大部分はデルタ地帯であるため、水力発電に適した落差がある地形はチッタゴン丘陵地帯などに限られている。2014 年 1 月時点の水力発電の設備容量は 230MW である⁴²。水力発電のポテンシャルは全国で 755～1,897MW と試算されている (Nexant SARI/Energy 2003) ⁴³。ポテンシャルは高くない。

4-6-3 風力

バングラデシュの風力発電ポテンシャルは沿岸部の一部地域に限られる。ノアカリ県、コミラ県を含む東方の沿岸部と国境沿いでは、地上高 50m で 100～200 W/m²の風力エネルギー密度が期待できるが、広範な地域で 100W/m²に達しない (図 14)。観測地点は限られているが、沿岸部の地上高 10～30m で 2.8m/s～4.7m/s の平均風速を観測している (表 16)。小形風力発電機を活用できる可能性はあるが、風力発電の活用範囲は限定される。

⁴² BPDB (<http://www.bpdb.gov.bd>)

⁴³ Forum for Physical Development of Bangladesh (<http://fpd-bd.com/>)



出典：デンマーク工科大学 Riso 国立研究所 ソーラー／風力エネルギー資源アセスメント

図 14 バングラデシュの風力エネルギー密度

表 16 沿岸部の平均風速

計測地	風速計の高さ (m)	平均速度 (m/s)	計測期間
クアカタ	25	4.5	1996 年 9 月～1997 年 8 月
チャーファッション	25	4.0	
ノアカリ	25	2.9	
チッタゴン	25	3.8	
クツブディア	25	4.4	
コックスバザール	25	3.2	
テクナフ	25	2.8	2001 年 1 月～2002 年 4 月
テクナフ	10	3.5	
セント・マーティン	30	4.7	
フェニ	20	4.0	1996 年 6 月～1997 年 5 月
アンワラ	20	4.4	
テクナフ	20	4.3	

出典：Nandi et al 2012

これまでに BPDB がフェニ県で 225kW の風力発電機 4 台、クツブディア島で 20kW 機 50

台を設置しているが、低風速やサイクロンによる破損などを理由に稼動が止まっている。LGED も 1990 年代に沿岸地域で小形風力発電を導入したが、現在は中止されている。GS や BRAC も沿岸地域で小形風力発電を行っているが、詳細は不明である⁴⁴。

4-6-4 バイオマス

バングラデシュでは、バイオマスは調理など熱を得るために使われている。近年は燃料用の薪が不足気味のため、ふん、木の葉、わらなども調理に使われるようになっている。バイオマスの発電利用は進んでいない（世界銀行 2010、JETRO 2011）。

⁴⁴ H Anwar, Wind Energy in Bangladesh, (<http://www.sdnbd.org/wind.htm>)

第5章 関連政策

5-1 国家開発計画

バングラデシュ政府は2010年に、貧困根絶をビジョンに掲げた2021年までの長期開発計画「Outline Perspective Plan of Bangladesh 2010~2021」を策定し、その実行計画として「第6次5カ年計画（2011~2015）」を策定した。同計画では、貧困根絶の実現と同計画終了年に期日が訪れるミレニアム開発目標（Millenium Development Goal: MDG）の達成に向けて、①所得と貧困、②人材開発、③水と衛生、④エネルギーとインフラ、⑤男女平等とエンパワーメント、⑥環境の持続性、⑦情報通信技術—の7つの分野で目標を設定している。

給水については、2015年までにすべての都市人口が安全な水を利用できるようになることと、農村人口の96.5%が安全な水にアクセスできるようになることを目標としている。電力については、発電能力を2015年までに15,457MWとして2021年までに20,000MWまで引き上げること、電化率を2015年までに68%に向上すること、電力に占める再生可能エネルギーの割合を5%まで増加させること、価格設定の工夫や受益者を特定した普及活動によって貧困層への一次・二次エネルギーの供給を拡大することなどが目標に掲げられている。

5-2 農村部の給水に関する主要施策・開発目標・計画

バングラデシュ政府は、2011年11月に水セクターの上位開発計画である「Sector Development Plan (FY 2011-25)」(SDP 2011)を策定した。SDP 2011に従って、関係する法律、政策、戦略、計画の見直しが計画・実施されている。主なものは表17のとおりである。

表 17 給水に関する法律、戦略、計画、政策

1995 年	環境保全法 (Environmental Conservation Act 1995)
1996 年	上下水道公社法 (WASA Act 1996)
1997 年	環境保全規則 (Environmental Conservation Rules 1997)
1998 年	国家水衛生政策 (National Policy for safe Water Supply and Sanitation 1998)
2004 年	国家ヒ素緩和政策及び実行計画 (National Policy for Arsenic Mitigation and Implementation Plan 2004)
2005 年	国家衛生戦略 (National Sanitation Strategy 2005)
2005 年	水セクター開発計画 (Sector Development Plan 2005)
2005 年	貧困層のための水衛生戦略 (Pro-poor Strategy for Water and Sanitation Sector 2005)
2011 年	給水が困難な地域への水衛生国家戦略 (National Strategy for Water and Sanitation, Hard to Reach Areas of Bangladesh 2011)
2011 年	水セクター開発計画 (Sector Development Plan 2011)
2013 年	水に関する法律 (Water Act 2013)

SDP 2011 は、農村部での取り組みを推進するために「村落給水・衛生のための国家戦略」(National Strategy for Rural Water Supply and Sanitation) について検討している。2014 年 2 月現在、同戦略は策定されていないが、SDP 2011 に示されている概要は以下のとおりである。

- ・ 2010 年までに DPHE と JICA が実施した調査⁴⁵で特定されたヒ素汚染地域での対策の速急な実施
- ・ 民間部門による取り組みの促進
- ・ ユニオン・パリシャドによる開発計画の策定
- ・ ヒ素汚染や地下水位の低下など広範囲におよぶ課題と地域特有の課題に対する対策の導入
- ・ WASH 促進への国際標準の適用
- ・ 2015 年までの DPHE による直営事業の停止 (ヒ素汚染地域、水供給が困難な地域、パイプ給水に関する事業を除く) ⁴⁶
- ・ ユニオン・パリシャドの WATSAN 委員会による水・衛生開発計画の承認と、政府機関、NGO、民間部門による取り組みの調整とモニタリングの実施

⁴⁵ “Situation Analysis of Arsenic Mitigation 2009” (June 2010)

http://www.academia.edu/348535/Situation_Analysis_of_Arsenic_Mitigation_in_Bangladesh_2009 より閲覧のみ可能。

⁴⁶ 2014 年 2 月に LGD に確認したところ、DPHE が 2015 年までに直営事業から撤退することはないとのこと。

- ・ 多様なニーズに対する適切な技術の研究開発
- ・ コミュニティ、地方自治体、中央政府レベルでのモニタリング・調全体制の整備
- ・ コミュニティや関連機関での環境保全、気候変動、災害管理に関するキャパシティービルディングの実施

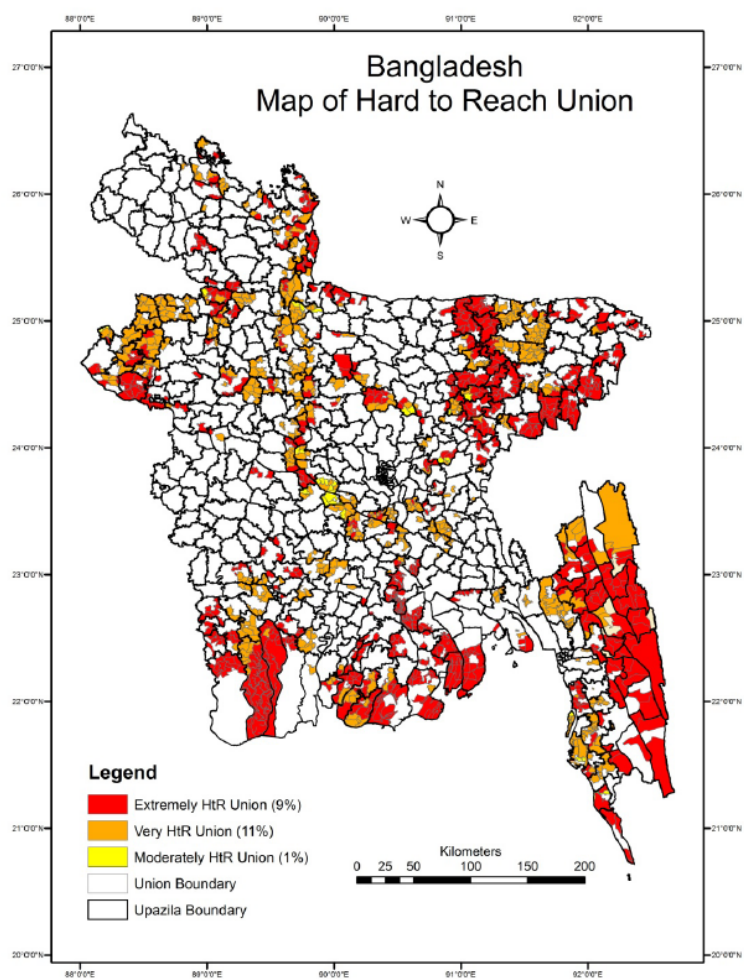
2013 年 10 月に「水に関する法律」(Bangladesh Water Act 2013) が制定された。同法は水資源が不足している地域では貯水池を保全し、飲用水の確保を最優先するべきとしている。同法の実施規則などは制定されていない。今後、同法に基づき国家水資源評議会 (National Water Resources Council) と理事会 (Executive Committee) が設立され、国家水資源計画 (National Water Resources Plan) が策定される予定である。

ヒ素汚染に関しては、2004 年に「国家ヒ素緩和政策・実行計画」(National Policy for Arsenic Mitigation and Implementation Plan) が策定されている。代替技術を導入することで安全な水の供給を確保すると明記され、以下の点に留意して導入を進める計画である。

- ・ 導入技術による飲用水の水質は 1995 年の「環境保全法」(Environmental Conservation Act 1995) と 1997 年の「環境保全規則」(Environmental Conservation Rules 1997) に示す国家基準に適合する。
- ・ 水源は地表水を優先する。
- ・ 設備設置は承認されたガイドラインや規制に従う。
- ・ 安全な飲用水のアクセスポイントは、緊急時をふまえて合理的な範囲内に設ける。
- ・ 村レベルの汚染度に基づいた対策の必要性を分析する。
- ・ 可能な限りパイプ給水を普及する。最貧層に対しては、政府が最低限とみなすレベルの給水サービスを確保する。農村部の給水量は 1 日 1 人当たり 8 リットルとし、市街地の給水量は市議会がシティ・コーポレーションが定める。

給水が困難な特殊地域に関しては、2011 年 12 月に「給水が困難な地域への水衛生国家戦略」(National Strategy for Water and Sanitation, Hard to Reach Areas of Bangladesh) が策定された。沿岸部、チョール、ハオール、ビールと呼ばれる中州、河川や沼などの隣接地や湿地帯、北部のラジュシャヒ県、ディナジプール県、ロンプール県、ボグラ県を含むバリンド地域、丘陵地帯、スラム街を給水が困難な地域としている (図 15)。長期的戦略として、盛土造成地への住居、医療施設、教育施設、水供給・衛生設備の移転、計画的な集落の形成を行うこと、短期戦略として高床式のチューブウェルや衛生設備、雨水貯水設備、ヒ素、鉄分、塩分の除去機能を備えたチューブウェル、脱塩設備、PSF などを導入することが掲げられている。こうした対策は、地方自治体を中心となっていくとしている。具体的な計画は、地方自治・地域開発・協同組合省 (Ministry of Local Government, Rural Development and Cooperatives: MoLGRDC) が策定するべきと同戦略の巻末では提言さ

れているが、特殊地域に特化した計画が策定された形跡は見当たらない。



出典：LGD 2012

図 15 供給が困難な地域

5-3 農村電化に関する主要政策・開発目標・計画

電力セクターについては、第6次5カ年計画のほかに、2010年に策定された「電力・エネルギーセクターロードマップ」(Towards Revamping Power and Energy Sector: A Road Map)とその2011年の見直し版「電力・エネルギー・セクターのロードマップ: 傾向と進歩2011」(Power and Energy Sector Road Map: An Update 2011)に目標や計画が定められている。発電能力の増強と送配電網の延長による電化率の拡大を主要目標としている。IDCOLのSHS普及プログラムも農村電化の手段として取り上げられている。見直し版ロードマップでは、2015年までに発電能力を11,973MW追加する計画である。このほかに、インドから500MWの輸入を計画している。

農村部の送配電網の整備は REB が第 6 次 5 カ年計画をふまえて計画し、PBS を通じて実施している。REB は毎年度、予算を含む計画を策定するが、中期計画はない。一方、各 PBS は毎年 REB から与えられる予算の範囲内で、3 年ごとに見直される管内のマスタープランに基づき電化を進める。

遠隔地の電化に特化した政策として、「辺境地における電力供給システムのための指針」(Guidelines for Remote Area Power Supply Systems: RAPSS) が策定されている。RAPSS は、電化が遅れている辺境地を RAPSS 地域として指定(表 18)し、これらの地域で民間事業者による発電・電力供給事業の開発と運営を促す。供給電力の価格は地域ごとに競争入札により決める。電力価格を抑えるために、設備投資に活用できる RAPSS 基金を設立する。これは民間事業者の参入インセンティブでもある⁴⁷。しかし、2013 年 9 月の現地調査で REB に確認した限りでは、この制度は実施されていない。

表 18 RAPSS の対象地域

キシヨレガンジュ ・ Astagram ・ Mithamain ・ Itna	スナムガンジ ・ Sullah ・ Tahirpur ・ Dharampasha	サトキラ ・ Assaumi ・ Debhata ・ Kaliganj
プトゥアカリ ・ Dasmina ・ Galachipa ・ Kalapara	コックスバザール ・ Kutubdia ・ Maheshkhali ・ Teknaf	ネトロコナ ・ Khaliajuri ・ Kalmakanda
バーゲルハット ・ Mongla ・ Rampal	ナライル ・ Kalia ・ Lohagara	ラルモニルハット ・ Patgram ・ Hatiabandha
クリグラム ・ Romamari ・ Rajibpur	ポリシャル ・ Mehendiganj	ボーラ
ジャマルプル ・ Madarganj	ノアカリ ・ Hatiya	チッタゴン ・ Sandwip

出典：Power Division の資料 (Guidelines for Remote Area Power Supply Systems)

再生可能エネルギーに関する政策としては、2008 年 12 月に「再生可能エネルギー政策 2008」(Renewable Energy Policy 2008: REP 2008) が策定されている。REP 2008 は、2015 年までに電力需要量の 5%、2020 年までに同 10%を太陽光、風力、バイオマス、水力、地熱、潮力などの再生可能エネルギーで満たすことを目標に掲げ、再生可能エネルギー開発を主導する機関として持続・再生可能エネルギー開発庁 (Sustainable and Renewable Energy Development Agency: SREDA) を設立し、再生可能エネルギーによる発電事業の促進を目的とした市場開発、技術開発、キャパシティービルディングを支援するとしてい

⁴⁷ Power Division の資料 (Operational & Management Procedures for Remote Area Power Supply Systems Fund (RAPSS Fund))

る。

具体的には、以下のような方針が記載されている。

- ・ 5MW 以下の再生可能エネルギー設備で発電された電力について、再生可能エネルギー事業者と電力会社や需要家との間の直接売買を認める。
- ・ 再生可能エネルギー事業者は、既存の送配電網に十分な容量があつて送配電網所有者の同意が得られた場合は、託送料を払ってその送配電網を通じて需要家に電力を販売することができる。
- ・ 再生可能エネルギー関連設備とエネルギー源について、VAT（15%）を免除する。
- ・ 農村部での再生可能エネルギー関連設備の調達に対し、マイクロ・クレジットのネットワークを確立する。
- ・ MoPEMR は、再生可能エネルギーと省エネ事業を対象とした投資制度を確立する。
- ・ SREDA は、地方自治体と協力して再生可能エネルギー普及プログラムを計画する。
- ・ SREDA は、太陽光、風力、バイオマス、その他再生可能エネルギーやクリーンエネルギー設備の導入に対する助成金の提供を検討する。
- ・ 民間による再生可能エネルギー事業について、土地取得の支援を検討する。
- ・ 再生可能エネルギー事業への投資について、法人税の免除（公示より 5 年間）を検討する。
- ・ 再生可能エネルギーにより発電された電力について、買取価格の優遇（10%）を検討する。

このような方針の実施状況について、2013 年 9 月に REB に確認したところ、太陽光パネルに対する非課税措置以外の取り組みが実施されるのは、まだ先のことであるとのことであった。固定価格買取制度（Feed in Tariff: FIT）や余剰電力買取制度（Net Metering）の導入も期待されているが、それを検討する SREDA が十分機能するようになるにはしばらく時間を要する見込みである。

第6章 法規制・許認可

6-1 事業設立に関する法規制と許認可

本調査で今後、展開を想定している事業で協力する計画の日本ポリグルは、2011年に現地法人 JAPAN POLY-GLU (BD) LTD.を設立し、全国で事業を展開するために必要なライセンスを取得している。

バングラデシュで新たに法人を設立する場合、事業の種類に応じて許認可を取得する必要がある。許認可取得に必要な情報は投資庁 (Board of Investment: BOI) のホームページに記載されている⁴⁸。バングラデシュへの日本企業による投資については、JETRO の「バングラデシュの投資手続き」が参考になる。

6-2 村落給水に関する法規制と許認可

1998年の「国家水衛生政策」(National Policy for Safe Water Supply and Sanitation 1998)に、村落給水に関する方針が示されている。主な内容は以下のとおりである。

- ・ すべての給水事業は村・ユニオンレベルの自治体を中心に計画・施工・管理を行い、民間部門、NGO、公的機関は DPHE の管理の下、調整の取れた活動を行う。
- ・ 給水設備の設置費用の一部と維持管理費用はコミュニティが負担するべきである。
- ・ 給水技術は、研究開発、ニーズ、経験に基づき検討・選択し、その経験は DPHE、民間部門、NGO、CBO で共有する。
- ・ 各村に1カ所、汚染防止措置を講じた飲用水用の貯水池を整備する。

2013年の水に関する法律は、水資源が不足している地域では飲用水の確保を最優先事項としている。

先に述べたとおり、バングラデシュ政府は民間事業者の給水事業への参入を促進する方針である。本調査で想定する事業が取得すべき水分野の許認可はない。ただし、想定事業では貯水池から取水することになると見込まれるが、村の貯水池は自治体が管理しているため、自治体から貯水池の使用について同意を得る必要が生じると考えられる。

水質に関しては、1995年の環境保全法が基準を定めている。地表水を殺菌して飲用水とする場合の原水の水質基準、地表水を従来型手法で処理して飲用水とする場合の原水の水質基準、飲用水の水質基準の3つの基準が設定されている。想定事業はこうした基準を遵守する必要がある。

⁴⁸ BOI (<http://www.boi.gov.bd/>)

環境保全法と付随する 1997 年の環境保全規則では、特定の事業に対して、環境への悪影響がないことを照明する環境クリアランス証明書の取得を求めている。環境保全規則では事業を環境への影響度合いに応じて緑、オレンジ A、オレンジ B、赤に分類している。ボトル入り飲料の製造と浄水場はオレンジ B、パイプ給水事業と発電所は赤に分類されているが、本調査で想定する浄水プラントは浄水場ではなく、ボトル入り飲用水の製造も想定していないため、環境クリアランス証明書は必要ない。

6-3 再生可能エネルギーによる発電に関する法規制と許認可

本調査で想定する事業では、再生可能エネルギーによる独立電源システムを利用して、浄水プラントに電力を供給することを見込むが、こうした活動に関する特有の規制はない。余剰電力を充電サービスとして販売することについても、とくに許認可を得る必要はない⁴⁹。発電所の建設については、大規模なものは環境保全法に基づく環境クリアランス証明書の取得を求められる場合があるが、想定している発電設備は 1kW 程度のごく小規模な設備であるため、こうした要件に該当しない。

⁴⁹ そうしたニーズはあまりないと見られるため、現段階では実施を計画していない。

第7章 活用する日本製品・技術

7-1 浄水技術

本調査で想定する村落給水事業には、日本ポリグルの浄水技術を利用する。同社は納豆を由来とする優れた凝集剤「PG α 21Ca」を開発し、世界各地の水質浄化・給水事業に提供している。凝集剤は一般に、汚濁の原因である水中の微粒子の集合と沈殿を促すために使用される。凝集剤の働きにより形成されるフロックと呼ばれる微粒子の集合体を除去することで、水質が改善される。



出典：日本ポリグル

図 16 PG α 21Ca による凝集沈殿

PG α 21Ca は天然素材を用いた安全な凝集剤である。とくに水中の微粒子や重金属類の除去に威力を発揮する。水に添加し、短時間かくはんするだけでフロックを形成し、水中の汚濁物質を沈殿させることができる（図 16）。PG α 21Ca は上水や下水の処理に使われているポリ塩化アルミニウム（PAC）に比べてフロックの形成が早く、沈殿にかかる時間が

短い。

安全で取り扱いが簡単なため、日本国内では、池の浄化や災害時の生活用水の確保にも使われている。日本ポリグルは、PG α 21Ca を利用する雨水貯水タンクと紫外線殺菌装置を組み合わせた雨水浄化システム、アウトドアや学校での環境学習に使える移動式装置も販売している。

表 19 PG α 21Ca の概要

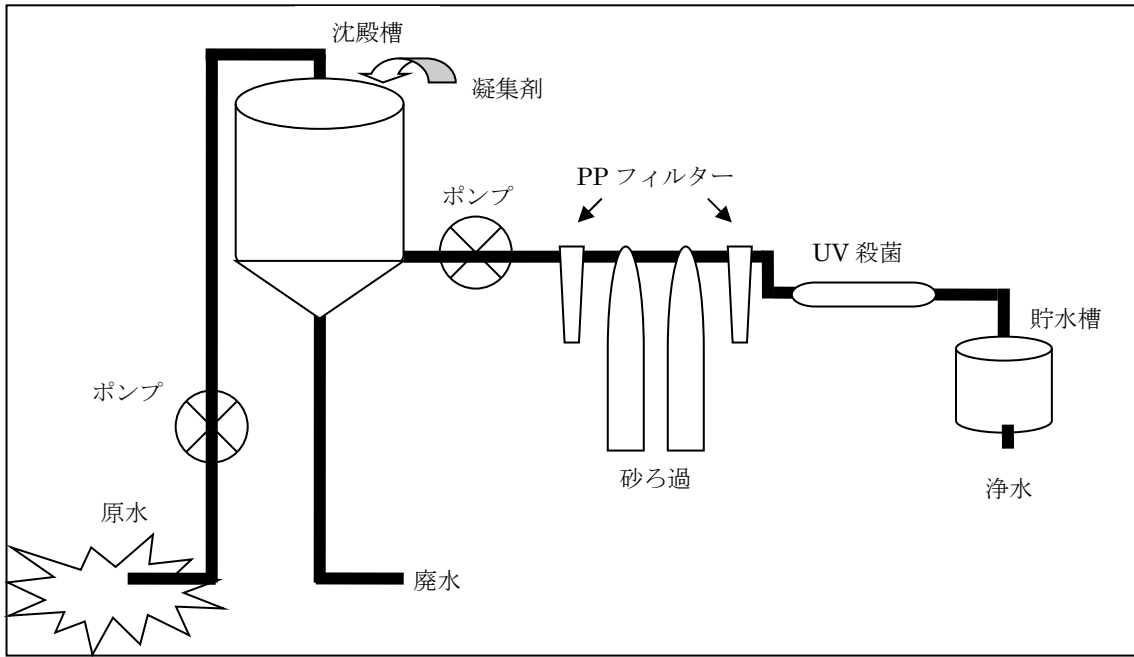
原料	天然鉱物、ポリグルタミン酸など
添加量	・ 水質により異なる ・ 目安は 1t あたり 100g
除去可能な物質	・ 水中の微粒子、重金属類 ・ バングラデシュでは大腸菌群とヒ素化合物の除去実績あり ・ 水中に溶解出した塩は除去できない
特徴	・ 安全性が高い ・ 広範囲な pH 値 (pH4-12)の原水に使用可能 ・ 処理水の pH 変動が小さい ・ 水中の重金属類の除去に効果的 ・ フロックの含水率が低い ・ フロックの形成が早い ・ 凝集剤（フロック）を繰り返し利用することが可能 ・ ポリ塩化アルミニウム（PAC）などの凝集剤と併用できる
利用方法	原水に凝集剤を添加して手動もしくはポンプなどを使いかくはんし、凝集・沈殿したフロックを除去する（上澄みを利用する）

出典：日本ポリグルの情報提供に基づき調査団作成

日本ポリグルの凝集剤はソマリア、タンザニア、エチオピア、ケニア、モザンビーク、インド、タイ、カナダ、オーストラリア、ブラジル、メキシコなどで販売・利用されている。なかでもソマリアでは、国際移住機関（International Organization for Migration: IOM）の難民キャンプに 50 の浄水装置を設置して給水している。

日本ポリグルは、2011 年からバングラデシュ南部のボルグナ県シャダー・ウボジラ M.ボリアトリ・ユニオンのポリルカル村で、PG α 21Ca を使った村落給水事業を実施している。浄水プラントを設置して池の水を浄化し、主として配達により 424 世帯に飲用水を提供している。

浄水プラントは、取水用ポンプ、凝集剤を添加し沈殿処理を行う沈殿槽、沈殿処理後の上澄みを加圧・送水するポンプ、ポリプロピレン（PP）フィルター、砂ろ過フィルター、紫外線（UV）殺菌装置、浄化された水の貯水槽からなる（図 17）。プラントを構成する機材の主な仕様は表 20 のとおりである。



出典：現地調査を基に調査団作成

図 17 ポリルカル村浄水プラントの模式図

表 20 ポリルカル村浄水プラントの機材仕様

機材	主要仕様
取水ポンプ	定格出力 550W
沈殿槽	容量 1000L 強 日本製ステンレススチール製
加圧・送水ポンプ	定格出力 550W
紫外線殺菌装置	消費電力 55W
貯水タンク	容量 300L 日本製ステンレススチール製

ポリルカル村の浄水プラントは、1 時間で約 1,000L の原水を処理することができる。浄化処理は沈殿槽に原水を満たすことから始まる。15 分かけて、ポンプで池の水を沈殿槽に送り込む。次に、沈殿槽に凝集剤を投入して備え付けのかくはん機を手動で回し、フロックの形成を促す。

フロックが沈殿したら、ポンプで加圧して上澄みを PP フィルターと砂ろ過フィルターに送水する。原水 1000L に対して約 850L の上澄みが利用可能である。フィルターを通った水は紫外線殺菌され、貯水タンクや配達用タンクに入れられる。このプロセスに約 15 分かかる。

凝集剤の使用量は水質によって増減するが、原水 1,000L に対し、100g 程度を目安とする。投入された凝集剤（実際にはフロックになっている）は、2 回再利用する。凝集・沈殿プロセスは、2 回目、3 回目は前回までに投入された凝集剤がフロックの状態で凝集機能を発揮するため、凝集剤の投入量を減らすことができる。このため、凝集剤の投入量は、2 回目は 80g、3 回目は 70g を目安とする。3 回目の凝集・沈殿プロセスが終わったら、沈殿槽の底に沈んだフロックを廃棄する。

想定する村落給水事業では、ポリルカル村の浄水プラントを改良して利用することを検討している。維持管理費用を削減することを目的として、PP フィルターと砂ろ過フィルターを砂、砂利、炭などを使ったろ過槽に置き換える。沈殿槽と貯水槽は日本製ステンレススチールではなく、現地で容易に調達可能な高密度ポリエチレン（High Density Polyethylene: HDPE）タンクを利用する（図 18）。



出典：日本ポリゲル作成

図 18 想定事業で利用する浄水プラントの模式図

7-2 再生可能エネルギー発電設備

(1) 一次検討

前節で説明した浄水プラントは、ポンプ 2 台と紫外線殺菌装置などに電力を必要とする。この電力を再生可能エネルギーによる独立電源システムで供給することを計画する。ポリルカル村の浄水プラントの仕様とバングラデシュの自然条件をふまえ、表 21 のようなシステム設計のための検討条件を設定した⁵⁰。

表 21 再生可能エネルギーによる独立電源システムの検討条件

区分	条件
使用電力量	4.4kWh/日
主な負荷	定格 550W のポンプ 2 台（ただし同時には使わない）
ピーク負荷	0.7kW
電圧	交流 50Hz・220V
日射量	4.0kWh/m ² ・日または 5.0kWh/m ² ・日
平均風速	4.5m/s または 5.0m/s
連続無日照・無風日数	1 日

検討する再生可能エネルギーは、バングラデシュで全国的にポテンシャルが高い太陽光と海岸部でポテンシャルがある風力とした。発電量計算の基礎となる気象条件は、バングラデシュ全国の平均日射量の最低値に近い 4.0kWh/m²・日と最高値に近い 5.0kWh/m²・日、小形風力発電機の利用が経済的になると見込まれる風速（平均風速 4.5m/s と 5.0m/s）に設定した（表 22）。連続無日照・無風日数はデータがないため、このような検討を行う時に一般的である 1 日とした。

表 22 再生可能エネルギーによる独立電源システムの検討気象条件

区分	平均日射量（kWh/m ² ・日）	平均風速（m/s）
S-1	4.0	-
S-2	5.0	-
T-1	4.0	4.5
T-2	4.0	5.0
T-3	5.0	4.5
T-4	5.0	5.0

⁵⁰ 再生可能エネルギーによる独立電源システムの検討は、国内小形風力発電機トップメーカーで、太陽光と風力を組み合わせた小規模システムの提案が可能なゼファー（株）に外注して実施した。

表 22 に示したように、太陽光のみのシステムを 2 とおり、太陽光と風力によるハイブリッドシステムを 4 とおり設計した。システムは太陽電池モジュール、小形風力発電機（T1～T4 の場合）、充電コントローラー、バッテリー、減電圧保護装置、インバーターからなる（表 23）。模式図は、付属資料 C に示す。

表 23 検討した再生可能エネルギーによる独立電源システムの主要仕様

区分	概要	主要仕様
太陽電池モジュール	太陽光エネルギーを用いて発電する。	薄膜系太陽電池 定格出力 90W 14~23 枚
風力発電機	風力の動力を捉えて発電する。	3 枚ブレード ローター直径 1800mm DC 出力 1,000w（風速 12.5m/s） 674W（風速 11m/s）
太陽光充電コントローラー	太陽電池で発電した電力を最適な形でバッテリーに充電する。	充電電圧 8-72V MPPT（最大電力点追従）機能
バッテリー	発電した電力を充電し、必要ときに放電する。	公称電圧 12V 定格容量（20 時間率）210Ah
インバーター	バッテリーから放電される DC 電流を AC 電流に変換する。	標準入力電圧 55.2 V 出力 230V +/-6%
減電圧保護装置	バッテリー電圧に応じてインバーターの ON/OFF を制御することにより過放電を防止する。	動作電圧 26~70V 電圧<DC48V：インバーターOFF 電圧≥DC54V：インバーターON

表 22 に示した条件で設計した 6 とおりのシステムの概要を表 24 に示した。同じ日射条件で比較すると、平均風速にかかわらず太陽光のみのシステムの方が風力とのハイブリッドより価格が安い。このため、想定する村落給水事業には太陽発電のみの独立電源システムの活用を検討する。

表 24 検討した再生可能エネルギーによる独立電源システムの概要

区分	発電機材	定格出力	概算価格 ¹
S-1	太陽電池モジュール	90W × 23 枚 (2.07kW)	242 万円
S-2	太陽電池モジュール	90W × 18 枚 (1.62kW)	219 万円
T-1	太陽電池モジュール 小形風力発電機	90W × 18 枚 (1.62kW) 風速 12.5m/s 時 1kW	291 万円
T-2	太陽電池モジュール 小形風力発電機	90W × 17 枚 (1.53kW) 風速 12.5m/s 時 1kW	287 万円
T-3	太陽電池モジュール 小形風力発電機	90W × 15 枚 (1.35kW) 風速 12.5m/s 時 1kW	278 万円
T-4	太陽電池モジュール 小形風力発電機	90W × 14 枚 (1.26kW) 風速 12.5m/s 時 1kW	273 万円

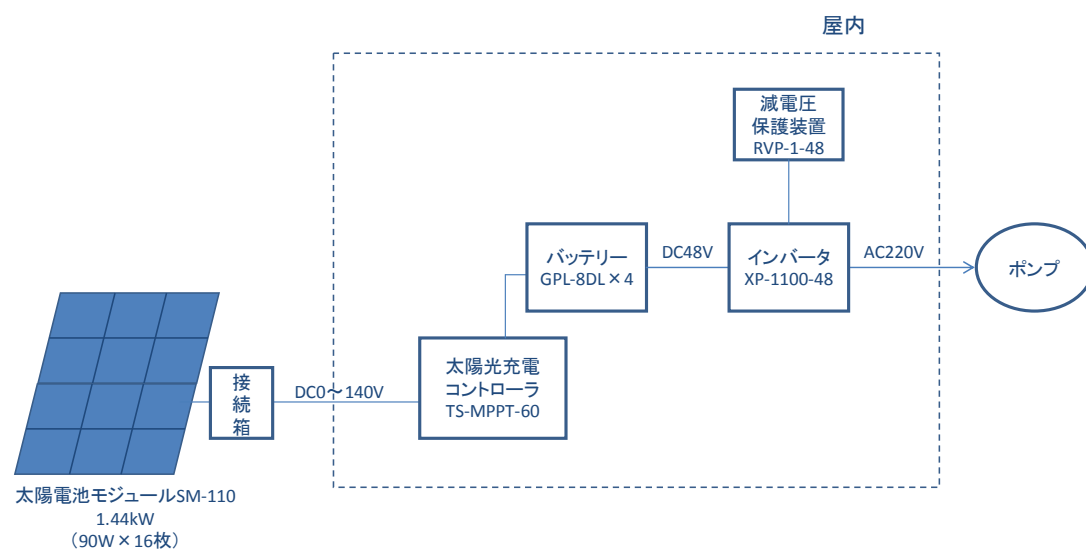
1) 太陽光充電コントローラー、バッテリー、インバーター、減電圧保護装置、取り付け金具、スタンド、パワーケーブルも含む。

(2) 想定事業で採用するシステム

あとで述べる本調査で想定する事業の計画を検討するなかで、浄水プラントで利用する電力について精査した。その結果、前節で述べた 4.4kWh/日ではなく、3kWh/日と想定することが妥当との結論に達したため、想定事業に必要な独立電源システムの仕様を再検討した。

想定事業では、標準的なプラント 1カ所あたりの 1日の飲用水生産量を 7,000Lと想定する。浄水プロセスでは、550W ポンプ 2 台と 55W 紫外線殺菌装置の運転に電力を要する。これら 3 台の機器は、いずれも合計 1 日 2 時間運転する必要がある。1 日の電力需要は 2.31kWh となる。ほかに、電灯やパソコンなどによる電力消費を毎日 0.7kwh 程度⁵¹見込む。合わせて、浄水プラント 1カ所あたりの 1日の電力需要は 3kWh となる。

⁵¹ 7W 電球×4 個×12 時間+60W パソコン×6 時間=696Wh を想定。



出典：調査団作成

図 19 想定する独立型発電システムの模式図

平均日射量は安全を見て $4.0\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ と想定すると、採用する独立電源システムの構成は図 19 と表 25 に示すとおりとなる。システムは、定格 90W の太陽電池モジュール 16 枚、太陽光充電コントローラー、12V-255Ah（20 時間率）のディープサイクルバッテリー 4 台、インバーター、減電圧保護装置からなる。

表 25 想定する独立電源システムの構成と合計価格

区分	構成・価格
太陽電池モジュール	定格出力 90W×16 枚
太陽光充電コントローラー	1 台
バッテリー	公称電圧 12V 定格容量（20 時間率）255Ah×4 台
インバーター	1 台
減電圧保護装置	1 台
システム価格	178 万円

出典：調査団作成

第8章 想定するビジネスモデル

8-1 先行事業の概要

本調査で想定する事業で協力を予定している日本ポリグルは、バングラデシュ南部のボルグナ県シャダー・ウポジラ M ボリアトリ・ユニオンにあるポリルカル村にて、2011 年から同社が開発した凝集剤 PG α 21Ca を使って生産した飲用水を販売している。この飲用水は「ポリグル・ウォーター」と呼ばれる。本調査では、2013 年 9 月にこのポリルカル村の村落給水事業（以下、ポリルカル村事業）を視察した。

ポリルカル村事業の浄水プラントは、村の中心にある小中学校の敷地内に建設された小屋に設置され、村の貯水池から取水している（写真 1）。



出典：調査団撮影

写真 1 ポリルカル村の浄水プラントと貯水池

小屋には事務机と宿泊スペースがあり、事務所の機能もある。夜間も保安上、従業員が常駐する。

ポリルカル村事業では、現在、村の人口の約 8 割にあたる 424 世帯、1,700 人にポリグル・ウォーターを販売している。販売量は時期によって異なり、乾期には最大で 180,000L/月の販売量になる。無償提供している水と合わせると、最大で 1 日 7,000L の飲用水を供給する。6 月～9 月の雨期は雨水を利用する住民が多くなるため、販売量は半分以下に落ち込む。

ポリルカル村事業では、毎月 5 世帯程度、支払い能力のない家庭に無料でポリグル・ウォーターを提供している。これらは特別な事情により料金を支払うことができない家庭であり、基本的に 1 カ月限定で提供する。対象となる家庭は、各世帯の状況をよく知る従業員の話し合いで決める。隣接する小中学校にも無料で飲用水を提供している。

ポリグル・ウォーターの水質は、簡易検査キットで日常的に検査し（写真 2）、1～2 カ月に 1 回、ダッカの ICDDR, B に検体を送り検査している。これまで、水質に問題があったことはない。定期的に購入している住民もポリグル・ウォーターに満足しており、多くの住民がそれまでの慢性的な胸焼けや胃炎、下痢性疾患が治ったと述べている。



出典：調査団撮影

写真 2 簡易キットを使った水質検査の様子

ポリグル・ウォーターは、バンリキシヤの荷台に設置したポリタンクに入れられ、販売員が2人1組で住宅や商店へ配達する（写真 3）。



出典：調査団撮影

写真 3 ポリグル・ウォーターを配達するバンリキシヤ



出典：調査団撮影

写真 4 ポリグル・ウォーターの様子

バンリキシヤで運ばれたポリグル・ウォーターは、配達先で顧客が用意した容器に移される（写真 4）。

ポリグル・ウォーターは 2L で 1 タカ、5L で 2 タカ、10L で 3 タカ、15L で 4 タカ、20L で 5 タカ、25L で 6 タカ、30L は 8 タカで販売されている（表 26）。当初は、「家計が厳しくて支払えない」と訴えられることもあったが、ポリグル・ウォーターを購入している住民は現在の価格設定に満足しており、一部では「ある程度値上げされたとしても買う」、「胸焼けや下痢性疾患が治ることを考えれば安い」などの意見も聞かれるようになった。

販売員は配達時に顧客の購入量を毎回記録し、月ごとに代金を請求する。翌月 1 日から 1 週間以内の支払いを求めている。期限内に料金を支払う顧客の割合は 6 割程度で、1 割程度は 1 カ月程支払いが遅れることがあるが、これまで不払いの例はない。

表 26 ポリグル・ウォーターの価格

販売量 (L)	2	5	10	15	20	25	30
料金 (BDT)	1	2	3	4	5	6	8

出典：日本ポリグルのヒアリングと現地調査を基に調査団作成

主要道路以外の道は未舗装のため、雨期はぬかるみによりバンリキシャの通行が困難になる。先に述べたように、雨期は雨水を利用する住民が増えることもあって、販売量が半減する。

ポリルカル村事業では、浄水プラントを管理する技術スタッフ、販売員、集金や啓蒙活動を行うポリグル・レディなど、常勤従業員 6 人と非常勤従業員 7 人を雇用している。

ポリグル・ウォーターの利点は近隣村にも伝わっており、ポリルカル村で催し物がある際は、水を買って帰る遠来の客もいる。他村でもポリグル・ウォーターの販売を希望する声が多く聞かれる。

8-2 教訓の整理

8-2-1 維持管理

バングラデシュ農村部の給水課題は、シャロー・チューブウェルの導入によりその大部分が解決できるかに思われた。実際には、ヒ素に汚染された地下水が各地で発見されたほか、鉄分、マンガン、塩分、病原菌を多く含む水源しかない地域も多くあり、安全な水供給には多くの課題が残っている。シャロー・チューブウェルに代わる技術として導入されたディープ・チューブウェルや PSF などには、利点があると同時に、制約やデメリットもある。今のところ万能な技術はない。地域特性や給水ニーズをふまえて、適切な技術を選ぶ必要がある。

過去に導入された給水技術には、多くの設備が施工や維持管理の不備から設置後まもなく使用できなくなった事例が報告されている。多くの場合、設備設置後の維持管理が適切に計画されていなかったことが原因である。調査団が訪れたボルグナ県にも、設置後まもなく故障して利用されなくなった PSF が複数見られた（写真 5）。



出典：調査団撮影

写真 5 ボルグナ県にあった故障した PSF

問題があった事例では、多くの場合、住民の共有財産として給水設備を設置したが、管理体制の構築、維持管理のための技術移転や資金確保の方法などについて、十分な支援・能力強化を行っていない。このため、必要なメンテナンスや部品交換ができず、設備は故障して放置されている。

ポリルカル村事業では、地元住民を従業員として雇用し、日本ポリグルとダッカの水処理機材専門業者が維持管理や衛生管理などについて訓練を行い、浄水プラントを運転している。他のプロジェクトでも、人材育成や組織強化に力を入れることを重要視している例もある。持続的に村落給水事業を実施するためには、人材育成も含めた設備設置後の運営・維持管理体制の確立が不可欠と考えられる。

8-2-2 収益性確保

大多数のバングラデシュ農村住民は貧困層に属し、支払い能力は限られている。シャロー・チューブウェルのような比較的安価で戸別に設置できるなど利便性が高い製品については、普及が進みやすい。一方、農村部ではパイプ給水システムも導入されているが、コストに

見合う料金設定・回収は容易でない。パイプ給水より利便性が低いディープ・チューブウェルなどについても、行政などの補助なしに導入することは一般的に困難である。維持管理についても、受益者から必要な費用を集めることができないために運営が行き詰まる事例が数多く報告されている。

ポリルカル村事業のポリグル・ウォーターの価格は表 26 に示したとおりだが、今のところ、設備投資費用を回収して独立採算で事業を運営していける状況にない。GVW は、10L の飲用水をポリグル・ウォーターより安い 2 タカで販売しているが、都市部で販売する瓶詰め水という収益性が高い商品も合わせて販売することにより、事業全体で採算性を確保しようとしている。採算ベースで給水事業を行うためには、コストを抑えることと、収入確保の方策を充実することが必要である。

農村住民の支払い能力については、ポリルカル村事業のポリグル・ウォーターより価格が多少高くても、飲用水を購入する余地は十分あるとも考えられる。農村でもタバコなどの嗜好品の購入、携帯電話の利用は一般的である。調査団が実施したボルグナ県の農村での調査では、嗜好品に毎月 1,200 タカも費やしている世帯があった。後に述べる住民意識の改革に加えて、給水事業に要する費用を住民に説明するなどして、受益者に適切な対価の負担を求めることは非常に重要であると考えられる。

バングラデシュ政府は村落給水設備の設置に対する補助を行っている。給水事業への民間部門の参入も期待している。こうしたことから、民間による村落給水事業にこうした予算を振り向けるよう働きかけ、初期投資負担を軽減して事業コストを抑える取り組みも有効と考えられる。

8-2-3 プロモーション

バングラデシュ農村部には、依然として水の安全性について十分な知識を持たない住民が多い。有害物質に汚染された水の利用による害は、あまり正確に理解されていない。なかには、金属特有の味や塩分に慣れてしまい、有害な水を好んで飲み続ける住民もいる。

GVW やポリルカル村事業では、事業開始時に数週間から数カ月に渡る啓蒙活動を行い、安全な水の重要性を住民に訴えた。ポリルカル村事業ではポリグル・ウォーターを無料で配り、その効果を住民に実感させた。このようなプロモーション活動は、顧客の獲得・定着に不可欠である。ポリルカル村事業では、現在の顧客規模になるまで 1 年以上要している。

バングラデシュはイスラム文化であり、とくに水についてはある者が必要とする者に無償で提供するのが当たり前という文化である。一般に、井戸などを設置する余裕がある家庭

は、近隣住民がそれを簡単に利用できるよう庭先に設置する。このため、水の購入を習慣化するには文化的な壁も乗り越える必要がある。プロモーション活動はこうした壁を崩す役割も果たす。

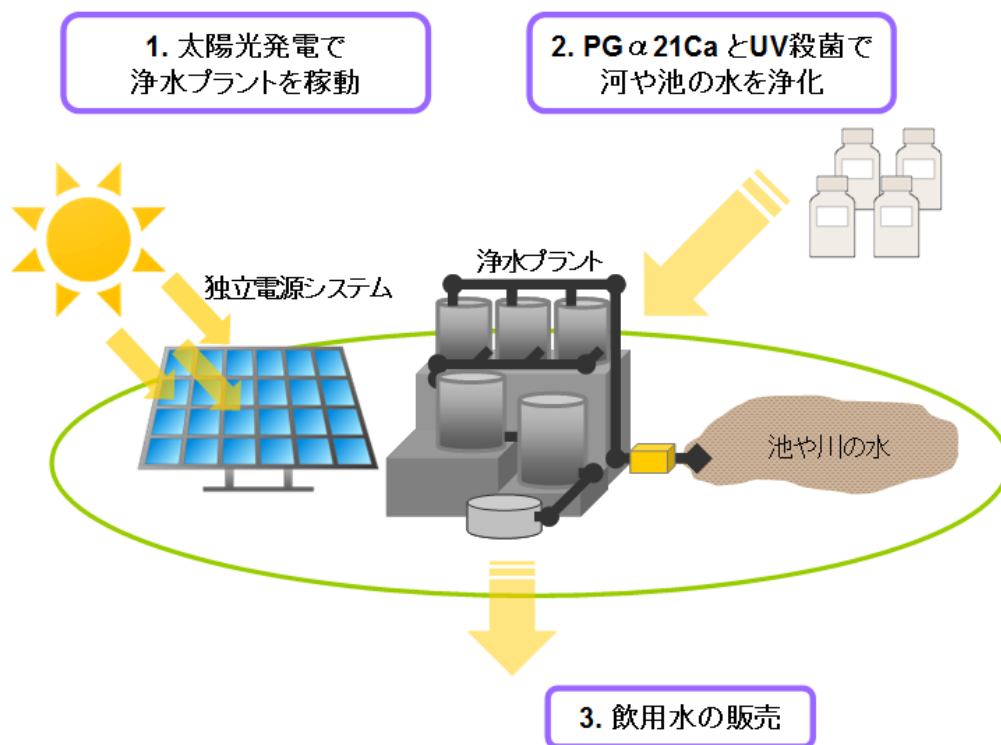
農村世帯では、飲用水確保は女性の役割であることが多い。ところが、家計支出の決定権は男性にある場合が多く、妻が安全な水の価値を理解して購入を望んでも、夫が許さない場合がある。ポリルカル村事業では、このような家庭にも丁寧に働きかけている。女性従業員が家計の様子などを把握し、妻にポリグル・ウォーターを購入するための資金捻出方法をアドバイスするなどしている。

村落給水事業の初期段階では、設備投資に加えて、先に述べた運営人材の育成、そしてこのような粘り強い販売促進活動が必要である。この間、収入はあまり見込めない。事業計画を策定する際は、こうしたことを十分ふまえる必要がある。

8-3 想定事業モデル

本調査で想定する事業では、安全な飲用水を十分確保できないバングラデシュ農村部を対象とし、日本ポリグルが開発した水の浄化技術を利用して住民に安全な飲用水を販売する。農村部は未電化地域が多く、電化地域でも電力供給は不安定なため、浄水プロセスに必要な電力は太陽光発電による独立電源システムで供給する。想定事業は、安全で CO2 排出量が少ない飲用水を手頃な価格で農村住民に供給する（図 20）。

想定事業では、ポリルカル村事業と同様に、給水人口の中心に浄水プラントを設置し、周辺住民に飲用水を販売する。ただし、事業の採算性を向上するために、先に説明したとおり、浄水プラントの低コスト化を図るほか、原則として飲用水の配達を行わず、浄水プラントにて販売する方式に改める。太陽光発電による独立電源システムの導入により電力コストも削減する。同システムの導入には、JCM に関する補助金などを活用し、初期投資費用の負担が増大しないようにする。



出典：調査団作成

図 20 本調査で想定する事業の概念図

事業の単位は、ユニオンより小さな村を想定する。村の規模や立地は様々であるが、現段階では十分な情報がないため、ポリルカル村事業を参考にして給水人口を 400 世帯 1,700 人とする。ポリルカル村事業同様、貯水池などの地表水を水源として飲用水を生産する。事業を順調に運営できるようになった段階で、1 日 6,000L の飲用水の販売を見込む⁵²。想定事業では、このような村落給水事業を複数の村で展開する。

8-4 活用可能なファイナンス・制度資金

8-4-1 バングラデシュのファイナンス・制度資金

(1) IDCOL

IDCOL は、民間企業が実施するインフラ整備事業に対して事業費の 40%を上限に融資を行う。対象となる事業は基本的に、バングラデシュ政府の開発計画に合致し、政府の要請に基づき実施されるものに限る。本調査で想定している事業については、一定の事業規模を確保することができれば、融資の対象となりうる。融資を受けるためには、事業計画を策定し、少なくとも 12%の内部収益率が見込めることを示さなければならない。事業計画の

⁵² 飲用水の生産量は約 7,000L を見込むが、無償配布なども想定されるため、販売量は 6,000L で計画する。無償提供分と合わせて、一日一人当たり約 4L の飲用水を提供することになる。

策定には、IDCOL がアドバイスを提供することもできる。これまで、給水事業への融資実績はない。2006 年頃に、チューブウェルを利用した戸別給水事業への融資を検討したが、採算が取れないという理由から実現していない⁵³。

（２）市中銀行

バングラデシュで最も多くの中小企業向けローンの実績がある BRAC は、100 万タカを上限とする無担保ローンなどを提供している。市中銀行でも中小企業を対象としたローンを提供しているが、対象は国内企業に限られる。外資系企業に融資を行っている金融機関は見当たらない。市中銀行の融資金利は 18%～20%である。

複数の市中銀行では、女性企業家を対象とした低利融資を実施している。金利は 10%程度と中小企業ローンと比べて低く、最大 500 万タカの融資を受けることが出来る。調査で確認できた中小企業と女性企業家に融資を行う市中銀行を以下に示す。

- ・ Prime Bank Ltd. (<https://www.primebank.com.bd/>)
- ・ IFIC Bank Ltd. (<http://www.ificbank.com.bd/>)
- ・ Trust Bank Ltd. (<http://www.trustbank.com.bd/>)

（３）バングラデシュ零細・家内産業公社

バングラデシュ零細・家内産業公社 (Bangladesh Small & Cottage Industries Corporation: BSCIC) は、零細企業などに融資を行う。同公社が管理する基金を原資に、市中銀行などを通じてローンを提供している⁵⁴。

8-4-2 我が国のファイナンス・制度資金

（１）海外投融資

JICA は 2013 年 1 月に海外投融資制度を再開した。海外投融資は、開発途上国で日本企業や現地企業が実施する事業を対象に資金を提供する。開発途上国のインフラ整備と成長加速、MDG 達成と貧困削減、気候変動対策に資する事業が対象となる。案件採択の条件には、対象国政府の開発政策に合致し、開発効果が高く、事業計画が適切であり、事業達成が見込まれ、JICA による支援が事業成立のために必要であることなどが挙げられる。

海外投融資は融資と出資を行う。融資は、原則として総事業費の 70%を上限とし、償還期間は 20 年以内、金利は財政融資資金の貸付金利と借入人の信用力やグラント・エレメントを考慮して設定される。出資は、原則として現地企業などへの直接出資で、出資比率は 25% かつ最大株主の出資割合を上限とする。

⁵³ IDCOL のウェブサイト (<http://www.idcol.org/eligible.php>) とヒアリングによる情報

⁵⁴ BSCIC (<http://www.bscic.gov.bd/>)

（２）低炭素技術普及のための基金

環境省は、2014 年度に「低炭素技術普及のための基金」を設立し、JICA などの日本の機関が海外投融資などの制度で支援するプロジェクトについて、初期コストは高いが GHG 排出削減効果が高い日本の低炭素技術を開発途上国で導入しようというプロジェクトに対して資金援助を行う計画である。補助の対象は、低炭素技術の初期導入費用となる予定である。

（３）二国間クレジット制度プロジェクト設備補助

環境省の二国間オフセット・クレジット制度を利用したプロジェクト設備補助事業は、JCM に合意している、もしくは合意が見込まれる開発途上国で、日本企業の技術を使った二酸化炭素排出量の削減を図る設備や機器を導入するプロジェクトに対して初期投資費用の 50%を上限とする補助を行う。

8-4-3 国際機関のファイナンス・制度資金

（１）国連開発計画

国連開発計画（United Nations Development Program: UNDP）の持続可能なビジネス育成（GSB）プログラムは、貧困削減と持続可能な開発に資する民間ビジネスの確立を支援する。GSB は融資などを行わないが、企業が事業実施国の政府、市民社会、ドナーコミュニティ、投資パートナーと連携できるよう仲介を行い、事業実現を支援する。GSB は調査や能力開発活動に対して支援を提供することもある⁵⁵。

（２）国際金融公社

世界銀行グループの国際金融公社（International Finance Corporation: IFC）は開発途上国の民間部門の発展を支援する。投融資、ストラクチャードファイナンス（融資などを利用して資金調達を行う手法）を提供している。ヘルスケア、インフラ整備などを重点領域とする⁵⁶。中小企業向けにも、マイクロファイナンス、中小企業金融、女性向け金融、リースなどの金融商品を提供している⁵⁷。

⁵⁵ UNDP GSB プログラム (http://www.undp.or.jp/private_sector/gsb.shtml)

⁵⁶ BOP ビジネス支援センター (<http://www.bop.go.jp/list/ifc#inform>)

⁵⁷ IFC 零細中小企業向け金融
(http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/Multilingual_Ext_Content/IFC_External_Corporate_Site/IFC_Home_Japan/Topics/MSEM+Finance/)

第9章 事業計画

9-1 事業展開シナリオ

本調査で想定する事業は、実証事業を経て、徐々に展開する地域を広げる。まずはポリルカル村事業のサイトの近くで実証事業を実施し、採算性を見極める。その後、事業フェーズに入る。ポリルカル村があるボルグナ県シャダー・ウポジラから事業を始め、ボルグナ県全域、ボルグナ県が属するポリシャル管区の他県、隣のクルナ管区の県へと事業を展開していく（図 21）。当面は、ポリルカル村事業のサイトに比較的近く、地下水の塩分濃度が高いため地表水に頼らざるを得ない南西部の村落を対象に事業を展開する（図 22）。

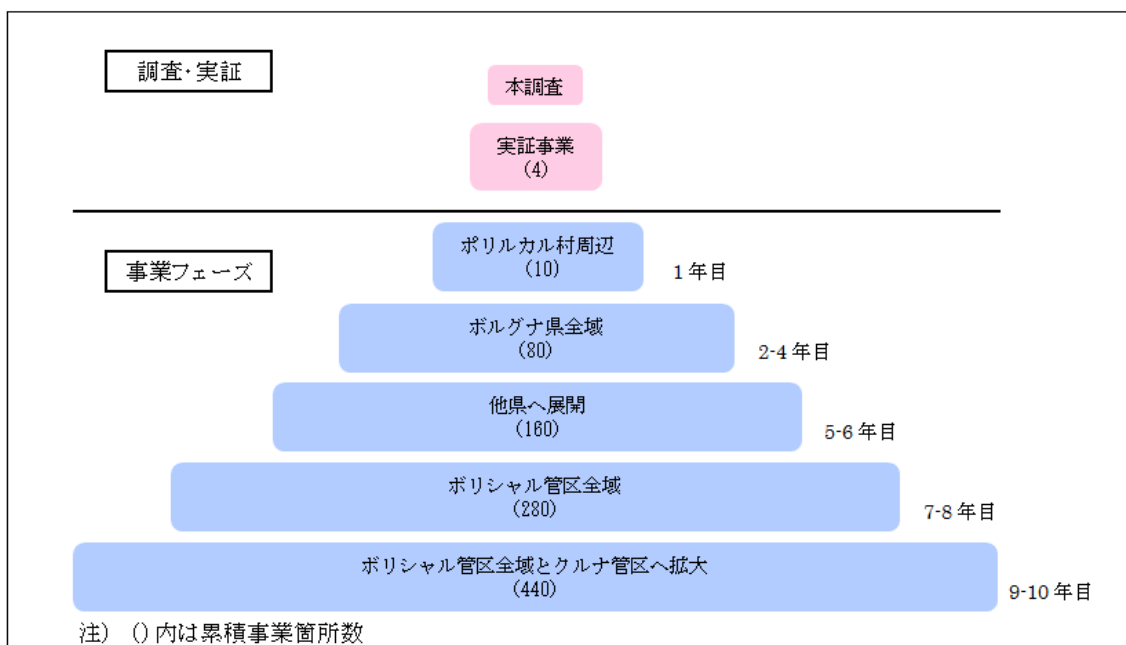
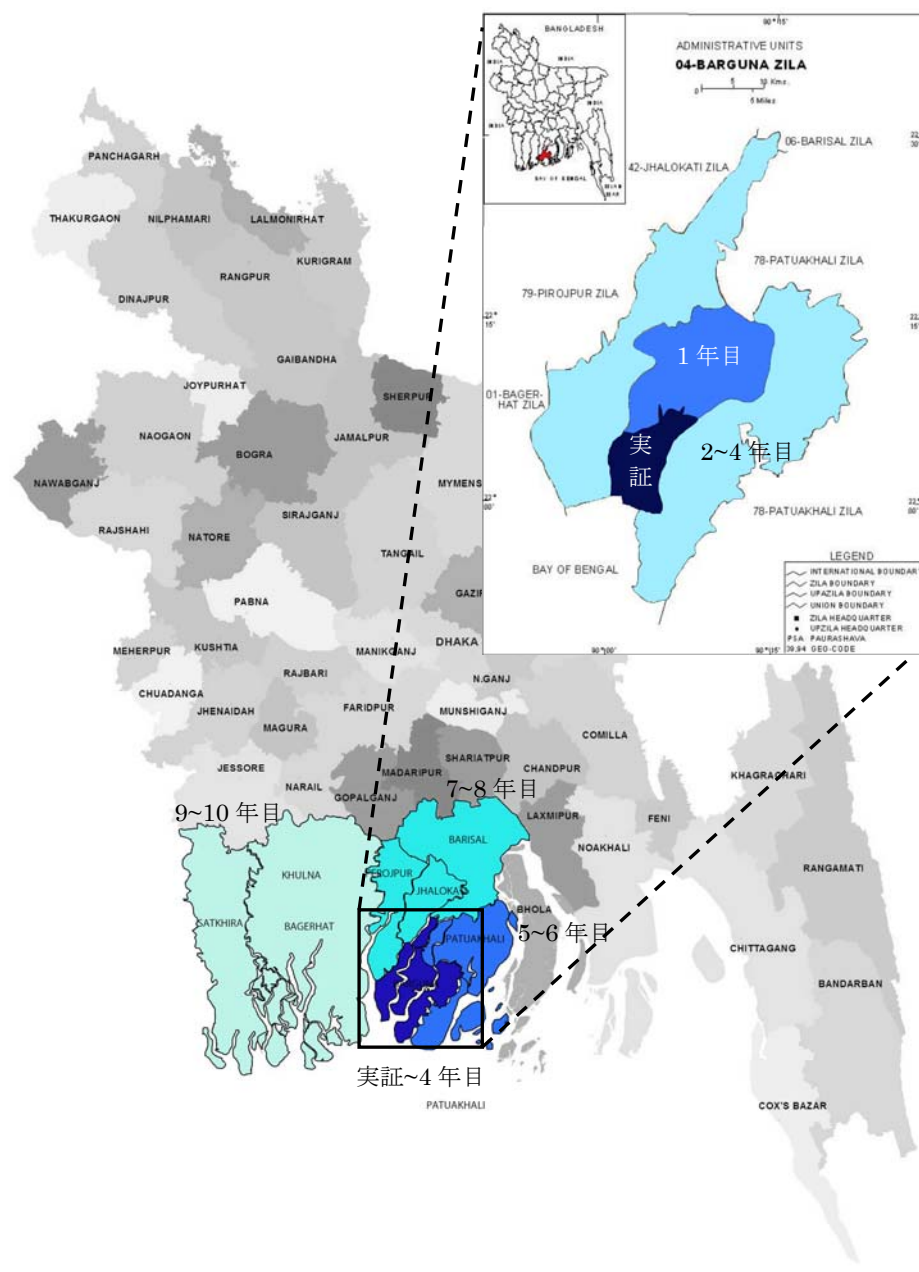


図 21 事業展開フロー



出典：LGED と BBS のデータを基に調査団作成

図 22 事業展開地域

想定事業は、ポリルカル村事業の経験を活用する一方、採算性を高めるための施策を導入して実施する計画である。実証事業では、そうした施策の有効性と問題について検証し、事業収支を精査する。とくに、コストダウンした新しい浄水プラントの設置・維持管理、再生可能エネルギーによる独立電源システムを利用した浄水プラントの運用、飲用水の販売形態と価格、それが販売収入に与える影響について検討する。実証事業は日本ポリグル

の現地リソースを活用するなどして実施することを想定するが、事業フェーズは新たに設立する特別目的会社（Special Purpose Company: SPC）が実施主体となる。実証事業期間中に SPC の体制検討や設立準備も行う。

実証事業は、4 カ所程度で実施することを想定している。このうち、2 カ所については有力なサイトを特定している。ポリルカル村から車で 30 分ほど離れたノルトナ・ユニオンのショナトラ村とゴノカボル村を候補として検討している。両村の住民は、ポリルカル村事業についてよく知っていて、自分たちの村でも事業を実施して欲しいと希望している。両村とも 2013 年 9 月の本調査の現地調査で訪問した。実証事業では、給水人口の規模をはじめとした条件の異なる地域で実際に事業を行うことで、より汎用性が高いビジネスモデルを確立すると同時に、採用技術の制約、限界、留意すべき点などについても把握する。

実証事業期間中に、事業フェーズの準備も進める。事業候補地を選定し、給水ニーズ・人口、水源などを調べる。事業展開予定地の住民や行政関係者に対するプロモーション活動も行う。6 章で述べたように、貯水池を水源として利用するには、ユニオン・パリシャドの許可を得る必要がある。事業をスムーズに展開するために、対象ユニオンにポリルカル村事業や実証事業の成果を周知していく。実証事業の実施期間は 1～2 年間程度を想定する。

事業フェーズでは、1 年目は実証事業を行うボルグナ県シャダー・ウポジラから事業を展開する。同ウポジラの 6 カ所程度で事業を開始する。同ウポジラには 10 のユニオンがあるが、事業フェーズ 1 年目に、実証事業の 4 カ所と合わせて、1 ユニオンあたり 1 カ所の密度で事業を展開することになる。2 年目以降も、1 ユニオンにつき 1～2 村程度は事業適地があるとの前提で、事業対象地域と箇所数を拡大していく。2 年目から 4 年目にかけてボルグナ県全域、5 年目と 6 年目はプトゥアカリ県、7 年目から 8 年目にかけてボーラ県を除くポリシヤル管区全域に事業対象地域を広げ、9 年目からはクルナ管区に進出する計画である（表 27）。これはあくまでも現段階の想定であり、実際の事業展開計画については、実証事業の結果もふまえて、今後、詳細に検討する。

表 27 事業展開スケジュールと事業量

区分		新規箇所数	対象地域
本調査			—
実証事業 1～2 年程度		4	ボルグナ県シャダー・ウポジラ M.ボリアトリ・ユニオン、ナルトナ・ユニオンなど
事業 フェーズ	1 年	6	ボルグナ県シャダー・ウポジラ
	2 年	10	ボルグナ県全域
	3 年	20	
	4 年	40	
	5 年	40	プトゥアカリ県へ展開
	6 年	40	
	7 年	60	ボーラ県を除くポリシャル管区全域 ポリシャル県、ジャロカティ県、ピロジプール県へ展開
	8 年	60	
	9 年	80	クルナ管区へ展開
	10 年	80	サトキラ県、クルナ県、バーゲルハット県へ展開

9-2 実施体制

想定事業は、新たに設立する SPC が行う。現段階では、パシフィックコンサルタンツ株式会社と関係企業である株式会社 InterAct が中心となり、日本ポリグルとその現地法人 Japan Poly-Glu BD、バングラデシュの水分野の専門企業である D-Water Tech Ltd などの協力を得て、SPC を設立することを想定する。Japan Poly-Glu BD はポリルカル村事業を運営している。D-Water Tech はその浄水プラント建設や維持管理などの人材育成に協力した実績がある。再生可能エネルギーによる独立電源システムの導入・維持管理については、ゼファー株式会社に協力を仰ぐことを想定する（図 23）。実際の体制については、実証事業の結果をふまえて詳細に検討する。

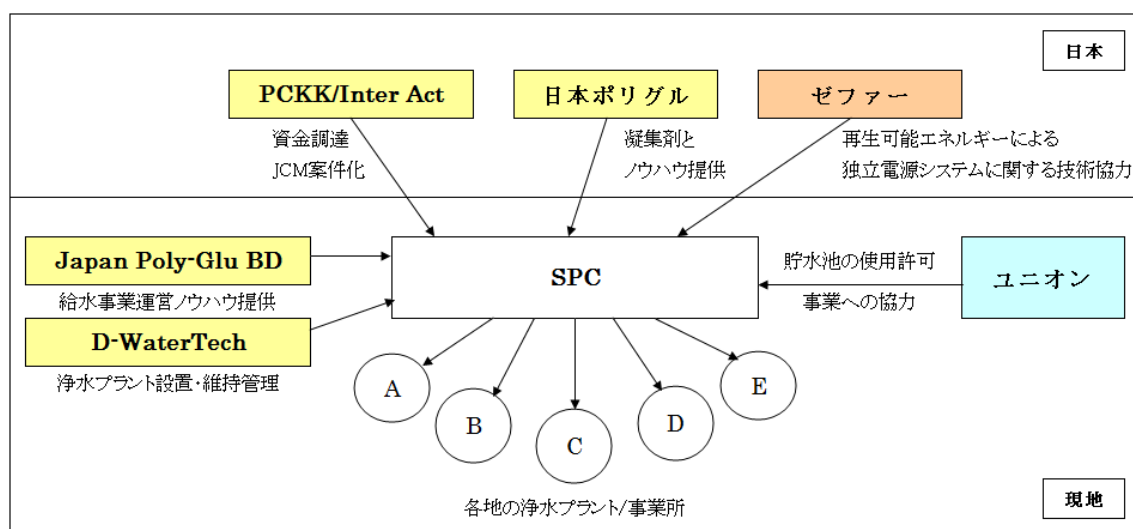


図 23 事業実施体制案

9-3 収支計画と資金計画

まず、事業単位である 1 カ所の浄水プラントの 10 年間の収支を検討する。想定事業の収入は、飲用水の販売収入である。バングラデシュの農村住民は、一般に水を購入する習慣がないため、事業開始当初の販売量は限られる。ポリルカル村事業の実績から、安全な飲用水に対する潜在需要が顕在化するまで 4 年程度かかると想定する。飲用水の販売量は、1 年目は 4 年目以降の 25%にあたる 1,500L/日、2 年目は 50%にあたる 3,000L/日、3 年目は 75%にあたる 4,500L/日、4 年目以降は 6,000L/日と想定する（表 28）。

飲用水の販売価格は 1L あたり 0.4 タカとする。これは、現在ポリルカル村事業で販売されているポリグル・ウォーターよりやや高いが、農村住民が負担できると考えられる金額である。販売収入は、1 年目は 219,000 タカ、2 年目は 438,000 タカ、3 年目は 657,000 タカ、4 年目以降は年間 876,000 タカとなる。10 年間の合計収入は 7,446,000 タカになる（表 28）。

表 28 想定事業 1 カ所あたりの収入

年	項目	BDT	備考
1	飲用水の販売	219,000	1,500L/日、0.4 タカ/L
2	飲用水の販売	438,000	3,000L/日、0.4 タカ/L
3	飲用水の販売	657,000	4,500L/日、0.4 タカ/L
4-10	飲用水の販売	876,000	6,000L/日、0.4 タカ/L
10 年間の合計		7,446,000	

10 年間の設備投資費用を表 29 に示した。1 年目に浄水設備の導入費用 654,720 タカを見込む。電力を供給する独立電源システムについては、低炭素技術普及のための基金などを

活用し、全額補助による導入を想定する。6年目には5年ごとに交換が必要になると見込まれるバッテリー交換費用 387,600 タカを計上する。10年間の合計設備投資費用は 1,042,320 タカになる。

表 29 想定事業 1 カ所あたりの設備投資費用

年	項目	BDT	備考
1	小計	654,720	
	浄水プラント	654,720	
	独立電源システム	0	1,352,800 タカ (178 万円) 全額補助による導入を想定
6	バッテリーの交換	387,600	全 4 台を交換
10 年間の合計		1,042,320	

10 年間の維持管理費用を表 30 に示した。人件費、経営管理にかかる費用、凝集剤の購入費用、その他管理費は事業期間を通して必要である。開業初年度については、開業時の諸手続きにかかる事務費、飲用水販売を軌道に乗せるための人材育成とプロモーションにかかる費用も見込む。

人件費については、開業当初から 3 人の従業員の費用を見込む。初年度から 3 年目までの販売量は少ないが、研修やプロモーション活動に時間を割く必要があるため、当初から順調に販売量が伸びた時に必要な人員を確保する。日常のオペレーションは 3 人の従業員が行うが、経営管理にかかる費用は別途見込む。1 人が 10 カ所の浄水プラントを管理することを前提として、マネージャーを雇用する費用を見込む。人件費と経営管理費は、1 年目から 10 年目まで同額を想定する。

凝集剤の購入費用は、飲用水の販売・提供量に依存する。飲用水の販売量は表 28 のとおり、1 年目から 4 年目にかけて増加し、4 年目以降は変化しないことを想定している。これに加えて、1 年目については、プロモーションの一環として販売量と同量の飲用水を無償提供する。凝集剤にかかる費用は、1 年目と 2 年目は 4 年目以降の約半額で同額、3 年目は 4 年目の約 4 分の 3、4 年目以降は一定となる。

その他管理費は、1~2 カ月に一回の水質検査、設備メンテナンスなどにかかる費用を含む。これは、ポリルカル村事業の実績を参考に計上した。10 年間の合計維持管理費用は 5,545,821 タカになる。

表 30 想定事業 1 カ所あたりの維持管理費用

年	項目	BDT	備考
1	小計	707,750	
	人件費	182,500	従業員 3 人
	経営管理	89,302	マネージャー1 人が 10 カ所を担当する前提で積算
	凝集剤	102,200	原水 4,000L (プロモーション用無償提供水含む)
	その他管理費	83,748	
	初期事務費	100,000	
	人材育成・プロモーション	150,000	
2	小計	457,750	
	人件費	182,500	従業員 3 人
	経営管理	89,302	マネージャー1 人が 10 カ所を担当する前提で積算
	凝集剤	102,200	原水 4,000L
	その他管理費	83,748	
3	小計	501,550	
	人件費	182,500	従業員 3 人
	経営管理	89,302	マネージャー1 人が 10 カ所を担当する前提で積算
	凝集剤	146,000	原水 6,000L
	その他管理費	83,748	
4-10	小計	554,110	
	人件費	182,500	従業員 3 人
	経営管理	89,302	マネージャー1 人が 10 カ所を担当する前提で積算
	凝集剤	198,560	原水 8,000L
	その他管理費	83,748	
10 年間の合計		5,545,821	

表 31 に 10 年間の収支を示した。開業初年度は、設備投資、初期事務費、人材育成・プロモーションなど多額の費用がかかる一方、飲用水販売収入は少ないため、支出が収入を大幅に上回る。2 年目以降は、費用が大幅に減る一方、販売収入が伸びると見込まれるため、収支は改善する。3 年目から単年度収支は黒字になる。6 年目にはバッテリー交換に伴い多額の支出が必要となるため、単年度収支が一時的に赤字になる。7 年目以降は再び黒字化し、8 年目には累積損失が解消される。10 年間の収支は 857,859 タカのプラスとなる。内部収益率は 10.38%である。

この結果から、想定事業は一定の採算が見込めると判断できる。しかし、感度分析を行うと、前提が少し変わっただけで採算が見込めないことが分かる。費用が 20%増加した場合、収入が 20%減少した場合のいずれのケースも事業収支は赤字になる。この試算では、再生可能エネルギーによる独立電源システムの導入費用は全額補助を前提としているが、この前提が成り立たない場合も事業収支は厳しくなる。こうしたことから、先に述べたとおり、まずは実証事業で前提条件を洗い出し、その結果を見て事業フェーズに進むべきと考えられる。

表 31 想定事業 1 カ所あたりの 10 年間の収支

年	支出			収入	収支差引額	収支差引額 (累積)
	設備投資	維持管理	合計			
1	654,720	707,750	1,362,470	219,000	-1,143,470	-1,143,470
2	0	457,750	457,750	438,000	-19,750	-1,163,220
3	0	501,550	501,550	657,000	155,450	-1,007,770
4	0	554,110	554,110	876,000	321,890	-685,880
5	0	554,110	554,110	876,000	321,890	-363,990
6	387,600	554,110	941,710	876,000	-65,710	-429,700
7	0	554,110	554,110	876,000	321,890	-107,811
8	0	554,110	554,110	876,000	321,890	214,079
9	0	554,110	554,110	876,000	321,890	535,969
10	0	554,110	554,110	876,000	321,890	857,859
	1,042,320	5,545,821	6,588,141	7,446,000	857,859	

ここまでの試算結果を用いて、表 27 に示した事業展開スケジュールに沿って想定事業を進めた場合の事業フェーズ 10 年間の収支を表 32 に示した。新規事業箇所を次々と開業する計画のため、常に単年度の収入は支出を下回る。しかし、表 31 に示したように、1 カ所あたりの収支は 8 年目には黒字となるため、長期的には黒字が見込まれる。長期で低利の資金が確保できる場合は、急速な事業展開は開発効果の観点から望ましいため、そのように実施すべきである。資金確保が困難な場合はより保守的なペースでの展開を余儀なくされる。

ここに示した結果はあくまでも一定の前提に基づく試算結果である。先に述べたとおり、現時点では不明確な点が多いため、まずは実証事業を実施し、その間に事業計画を詳細に検討し、資金計画を策定する必要がある。

表 32 事業フェーズ 10 年間の収支

年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
新規事業所 合計 ¹	6 6 (10)	10 16 (20)	20 36 (40)	40 76 (80)	40 116 (120)	40 156 (160)	60 216 (220)	60 276 (280)	80 356 (360)	80 436 (440)
設備投資	3,928,320	6,547,200	13,094,400	26,188,800	26,188,800	28,514,400	43,159,200	47,035,200	67,881,600	67,881,600
1	3,928,320	6,547,200	13,094,400	26,188,800	26,188,800	26,188,800	39,283,200	39,283,200	52,377,600	52,377,600
6	0	0	0	0	0	2,325,600	3,876,000	7,752,000	15,504,000	15,504,000
維持管理費	4,246,500	9,824,001	21,741,803	45,805,166	65,516,769	86,629,972	122,949,377	154,268,782	200,619,188	243,020,795
1	4,246,500	7,077,501	14,155,002	28,310,003	28,310,003	28,310,003	42,465,005	42,465,005	56,620,006	56,620,006
2	0	2,746,500	4,577,501	9,155,002	18,310,003	18,310,003	18,310,003	27,465,005	27,465,005	36,620,006
3	0	0	3,009,300	5,015,501	10,031,002	20,062,003	20,062,003	20,062,003	30,093,005	30,093,005
4	0	0	0	3,324,660	5,541,101	11,082,202	22,164,403	22,164,403	22,164,403	33,246,605
5	0	0	0	0	3,324,660	5,541,101	11,082,202	22,164,403	22,164,403	22,164,403
6	0	0	0	0	0	3,324,660	5,541,101	11,082,202	22,164,403	22,164,403
7	0	0	0	0	0	0	3,324,660	5,541,101	11,082,202	22,164,403
8	0	0	0	0	0	0	0	3,324,660	5,541,101	11,082,202
9	0	0	0	0	0	0	0	0	3,324,660	5,541,101
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,324,660
収入	1,314,000	4,818,000	12,702,000	29,346,000	53,436,000	84,096,000	123,516,000	167,316,000	214,992,000	281,196,000
1	1,314,000	2,190,000	4,380,000	8,760,000	8,760,000	8,760,000	13,140,000	13,140,000	17,520,000	17,520,000
2	0	2,628,000	4,380,000	8,760,000	17,520,000	17,520,000	17,520,000	26,280,000	26,280,000	35,040,000
3	0	0	3,942,000	6,570,000	13,140,000	26,280,000	26,280,000	26,280,000	39,420,000	39,420,000
4	0	0	0	5,256,000	8,760,000	17,520,000	35,040,000	35,040,000	35,040,000	52,560,000
5	0	0	0	0	5,256,000	8,760,000	17,520,000	35,040,000	35,040,000	35,040,000
6	0	0	0	0	0	5,256,000	8,760,000	17,520,000	35,040,000	35,040,000
7	0	0	0	0	0	0	5,256,000	8,760,000	17,520,000	35,040,000
8	0	0	0	0	0	0	0	5,256,000	3,876,000	17,520,000
9	0	0	0	0	0	0	0	0	5,256,000	8,760,000
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,256,000
収益差引額										
単年度	-6,860,820	-11,553,201	-22,134,203	-42,647,966	-38,269,569	-31,048,372	-42,592,577	-33,987,982	-53,508,788	-29,706,395
累積	-6,860,820	-18,414,022	-40,548,225	-83,196,191	-121,465,760	-152,514,132	-195,106,710	-229,094,692	-282,603,480	-312,309,875

注) ¹ () は実証事業の箇所数を含む。実証サイトの収支は表に含まれない。

第 10 章 温室効果ガス削減効果

10-1 排出削減量の算定方法

本調査で想定する事業では、浄水プラントの運転に必要な電力を再生可能エネルギーによる独立電源システムで供給することで、GHG の排出削減を図る。先に説明したとおり、バングラデシュ農村部の電化率は低く、電化されている地域でも電力供給は不安定なため、事業者の多くは自家発電機を利用している。ポリルカル村事業でも、必要な電力を小型ガソリン発電機で確保している。想定事業では図 24 に示すとおり、必要な電力をすべて太陽光による再生可能エネルギーで確保する。

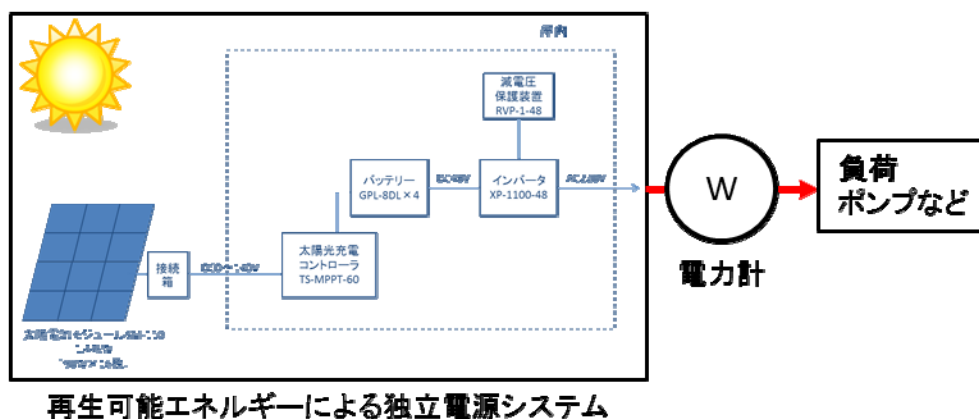


図 24 想定事業での電力供給

想定事業（ここではプロジェクトと称する）の GHG 排出削減量は、プロジェクト排出量からリファレンス排出量を差し引くことで算定する（式 1）。

リファレンスシナリオは、浄水プラントへの電力供給に現在と同様な小型ガソリン発電機を使い続けることである。リファレンス排出量は、小型ガソリン発電機で発電した場合の CO₂ 排出量である。リファレンス排出量は、小型ガソリン発電機から得る電力の消費量にその CO₂ 排出係数を乗じて算出する（式 2）。

リファレンスでの小型ガソリン発電機から得る電力の消費量は、プロジェクトの独立電源システムから得る電力の消費量と同じである（式 3）。

プロジェクト排出量は、独立電源システムの運転による排出量である。再生可能エネルギーシステムであるため、その排出量はゼロである（式 4）。

$$ER = EM_R - EM_{PJ} \quad (\text{式 1})$$

$$EM_R = EL_R \times CEF_{electricity,t} \quad (\text{式 2})$$

$$EL_R = EL_{PJ} \quad (\text{式 3})$$

$$EM_{PJ} = 0 \quad (\text{式 4})$$

記号	定義	単位
ER	排出削減量	t・CO2/年
EM_R	リファレンス排出量	t・CO2/年
EM_{PJ}	プロジェクト排出量	t・CO2/年
EL_R	小型ガソリン発電機から得る電力の消費量	kWh/年
EL_{PJ}	独立電源システムから得る電力の消費量	kWh/年
$CEF_{electricity,t}$	小型ガソリン発電機の CO2 排出係数	t・CO2/kWh

小型ガソリン発電機の CO2 排出係数は、ポリルカル村事業で実際に使われている小型ガソリン発電機の定格値（表 33）と、地球温暖化対策の推進に関する法律に基づいて GHG 排出量を算定する際に使われるガソリン使用に関する CO2 排出係数 2.32kg-CO2/L から算出した⁵⁸。

表 33 小型ガソリン発電機の定格値

区分	定格値
定格出力	800 W
燃費	0.55 L/h

小型ガソリン発電機の 1 時間の発電量 0.8kWh に対して必要となるガソリンは 0.55 L である。1kWh の電力を発電するために必要なガソリンの量は 0.6875L である。これに先ほどの排出係数 2.32 を乗じると、小型ガソリン発電機の 1kWh あたりの排出係数 1.595 kg-CO2/kWh を導くことができる。

通常、小型ガソリン発電機を常時定格負荷で運転することはない。ポリルカル村事業でも、浄水プラントの電力需要に応じて小型ガソリン発電機を運転しているが、常に定格を下回

⁵⁸ 環境省 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧
<http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran.pdf> 参考 1 参照。

っている。小型ガソリン発電機運転時の平均負荷は 580W 程度と推定される。定格以下で発電機を運転すると発電効率は下がるため、ここで算出した排出係数は、実際の排出係数より保守的な値である。したがって、レファレンス排出量の過大算定、すなわちプロジェクトの排出削減量の過大算出を回避することができる。

プロジェクト開始後、排出削減量を算定するためには、小型ガソリン発電機の CO₂ 排出係数と独立電源システムから得る電力の消費量をモニタリングする必要がある。前者については、バングラデシュで一般的な想定事業に適した小型ガソリン発電機とその発電効率をプロジェクト開始前と、開始後は適当な間隔で調べる。後者については、図 24 に示したとおり、電力計を設置して負荷が消費した電力量を記録する。

10-2 排出削減量

本調査で想定する事業の 1 カ所あたりの GHG 排出削減量は、事業開始 1 年目と 2 年目は 0.672 t CO₂/年、3 年目は 1.009 t CO₂/年、4 年目以降は 1.345 t CO₂/年と推定できる。

事業が軌道に乗ったあとの 4 年目以降については、浄水プロセスで消費する 1 日の電力量は 2.31kWh である。1 日のリファレンス排出量は消費電力 2.31kWh に排出係数 1.595 kg-CO₂/kWh を乗じた 3.684 kg-CO₂ と計算される。浄水プラントは 1 年 365 日運転するため、1 年間のリファレンス排出量は 1.345t-CO₂ と計算される。プロジェクト排出量はゼロのため、排出削減量は 1.345t-CO₂ となる。1 年目から 3 年目については、9 章で説明したとおり、浄水プラントはフル稼働しない。このため、前段で述べた排出削減量となる。

先に述べたとおり、想定事業では電灯やパソコンなども使用するが、その電力消費量は排出削減量の計算にカウントしていない。ここで算定した排出削減量は、保守的な数値である。

これを前提として、想定事業の GHG 排出削減ポテンシャルを表 34 に示した。実証事業の期間を 1 年とし、9 章で述べた事業展開スケジュールで想定事業を進めると仮定して算出した。事業フェーズ初年度の排出削減量は 6.72 t-CO₂ であるが、事業が順調に拡大した場合、これは 10 年目には 463.96t-CO₂/年になる。事業フェーズ 10 年間の総排出削減量は 1,697 t-CO₂ であり、年平均排出削減量は 169.71 t-CO₂ と算定される。

表 34 想定事業の GHG 排出削減ポテンシャル

区分		新規箇所数	累積箇所数	削減ポテンシャル (t-CO ₂ /年)
実証事業		4	4	2.69
事業 フェーズ	1 年	6	10	6.72
	2 年	10	20	14.79
	3 年	20	40	31.59
	4 年	40	80	63.86
	5 年	40	120	100.84
	6 年	40	160	147.92
	7 年	60	220	215.16
	8 年	60	280	282.40
	9 年	80	360	369.82
	10 年	80	440	463.96

10-3 その他の事業効果

想定事業は、農村住民に安全な飲用水を提供することを目的とする。対象住民は現在、病原菌、ヒ素、塩分を多く含むなど有害な水を飲用している。想定事業を実施することにより、こうした飲用水の水質に起因する疾病の減少が期待できる。実際に、ポリルカル村では、ポリグル・ウォーターを利用している住民から、下痢性疾患や胸焼けなどの体調不具合が減ったと報告を受けている。

病気が減ることにより、医療費の削減が期待できる。ポリルカル村ではこうした効果が見られ、胸焼けの薬は売れなくなっている。疾病の減少により、働ける時間が多くなり、子どもの看病などに費やす時間は減るため、生産性の向上も期待できる。

このほか、一部の余裕がある家庭はポリグル・ウォーターを洗顔・洗髪などに利用し、皮膚の健康状態を保っている。ヒナにポリグル・ウォーターを与え、健康に育てて商品価値を高めている養鶏業者もいる。想定事業は、安全な飲用水の提供により、農村住民の生活水準と所得の向上に貢献する。

想定事業は、基本的に現地で人材を採用・訓練して運営するため、雇用創出も期待できる。従業員には、浄水プロセスと独立電源システムに関する運営・維持管理研修を行う。こうした人材が、ゆくゆくはマネージャーとなって事業拡大の担い手となることや、地域のリーダーとなることも期待できる。

レファレンス資料一覧

発行元	年	資料名
A. Hussam、A K M Munir	2007	A simple and effective arsenic filter based on composite iron matrix: Development and deployment studies for groundwater of Bangladesh
APSU	2005	Risk Assessment of Arsenic Mitigation Options
BBS	2012	Bangladesh Population & Housing Census 2011
BBS/UNICEF	2009	Multiple Indicator Cluster Survey 2009
BBS/UNICEF	2011	Bangladesh National Drinking Water Quality Survey of 2009
BGS	2001	Arsenic Contamination of groundwater in Bangladesh
BPDB	2011	Annual Report 2010-2011
IEA	2012	World Energy Outlook 2012
JETRO	2011	BOP ビジネス潜在ニーズ調査報告書 バングラデシュ：エネルギー分野
JICA	2008	バングラデシュ国持続的砒素汚染対策プロジェクト終了時評価報告書
JICA	2012	バングラデシュ国 エネルギー・マイクロユティリティー展開 CDM 事業準備調査 (BOP ビジネス連携促進) 報告書
LGD	2011	Sector Development Plan (FY2011-25)
LGD	2012	National Strategy for Water and Sanitation Hard to Reach Areas of Bangladesh
M. Islam et al	2008	Renewable energy resources and technologies practice in Bangladesh
MoEF	2012	Second National Communication of Bangladesh to the United Nations Framework Convention on Climate Change
Nandi et al	2012	Potential of Wind and Solar Electricity Generation in Bangladesh
Nexant SARI/Energy	2003	Regional Hydropower Resources: Status of Development and Barriers, Bangladesh
Power Division	不明	Guidelines for Remote Area Power Supply Systems
Power Division	不明	Operational & Management Procedures for Remote Area Power Supply Systems Fund (RAPSS Fund)
Schwartz et al	2006	Diarrheal Epidemics in Dhaka, Bangladesh, During Three Consecutive Floods: 1988, 1998, and 2004
UNICEF	2008	Arsenic Mitigation in Bangladesh

発行元	年	資料名
UNICEF	2010	Towards an Arsenic Safe Environment in Bangladesh
UNICEF	2011	Making Economic Sense for Arsenic Mitigaion: A Case Study of Comilla District, Bangladesh
WaterAid	2007	Silent Killer - Arsenic
WHO	2003	Iron in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality
WHO	2011	Arsenic in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality
WHO	2012	Guideline: Sodium intake for adults and children
河野 雄平	2008	食塩と病気
世界銀行	2010	Restoring Balance Bangladesh's Rural Energy Realities
世界銀行	2011	Implementation Completion and Results Report on a Grant in the Amount of SDR 27.6 Million Subsequently Reduced After Restructuring to the Amount of SDR 11.8 Million to the People's Republic of Bangladesh for a Water Supply Program Project
世界銀行	2012	Project Appraisal Document on a Proposed Credit in the Amount of SDR 48.4million to the People's Republic of Bangladesh for the Bangladesh Rural Water Supply and Sanitation Project
世界銀行	2013	World Development Indicators 2013

付属資料 A ヒ素の検出率と鉄、マンガン、ナトリウムの平均検出量

表： ヒ素の検出率と鉄、マンガン、ナトリウムの平均検出量

管区	県	世帯数 ¹	農村部の世帯数 ¹	総人口 ¹	農村部の人口 ¹	ヒ素の検出率 (＜WHO基準) ²	ヒ素の検出率 (＜国家基準) ²	鉄の平均検出量 (mg/L) ²	マンガンの 平均検出量 (mg/L) ²	ナトリウムの 平均検出量 (mg/L) ²
Barisal	Barguna	215,842	191,060	891,795	789,687	1.000	1.000	0.28	0.03	371
Barisal	Barisal	513,673	399,205	2,321,066	1,805,294	0.954	0.985	0.41	0.10	226
Barisal	Bhola	372,723	322,594	1,775,689	1,532,866	1.000	1.000	0.41	0.05	109
Barisal	Jhalokati	158,139	132,302	682,446	570,481	0.962	1.000	0.88	0.04	446
Barisal	Patuakhali	346,462	301,231	1,532,301	1,331,443	0.935	1.000	0.24	0.02	210
Barisal	Pirojpur	256,002	214,911	1,112,590	930,389	0.850	0.950	0.91	0.11	365
Chittagong	Bandarban	80,102	59,352	387,129	287,805	0.977	1.000	1.77	0.29	40
Chittagong	Brahmanbaria	538,937	451,840	2,839,157	2,391,677	0.904	0.904	2.02	0.71	32
Chittagong	Chandpur	506,521	414,600	2,414,522	19,979,919	0.723	0.723	2.10	0.37	146
Chittagong	Chittagong	1,532,014	863,472	7,611,401	4,461,777	0.902	0.978	3.86	0.29	148
Chittagong	Comilla	1,053,572	886,900	5,384,697	4,545,355	0.756	0.802	2.49	0.58	76
Chittagong	Cox's Bazar	415,954	323,849	2,275,084	1,789,997	1.000	1.000	2.53	0.32	97
Chittagong	Feni	277,665	219,543	1,436,481	1,143,305	0.868	0.947	4.24	0.22	104
Chittagong	Khagrachhari	133,792	87,522	613,320	397,964	1.000	1.000	1.32	0.22	13
Chittagong	Lakshmipur	365,339	310,138	1,727,979	1,465,144	0.625	0.719	1.98	0.49	226
Chittagong	Noakhali	593,918	500,215	3,106,740	2,610,729	0.471	0.569	1.85	0.33	202
Chittagong	Rangamati	128,496	93,894	594,627	436,171	1.000	1.000	0.49	0.36	15
Dhaka	Dhaka	2,786,133	648,886	11,996,728	2,723,328	0.905	0.946	1.13	0.35	33
Dhaka	Faridpur	420,174	359,438	1,911,151	1,640,742	0.313	0.667	3.28	0.86	37
Dhaka	Gazipur	826,458	565,903	3,398,306	2,363,287	1.000	1.000	1.66	0.30	24
Dhaka	Gopalganj	249,872	222,134	1,172,072	1,043,431	0.452	0.548	3.19	0.16	304
Dhaka	Jamalpur	563,367	469,131	2,291,648	1,904,213	0.821	0.974	3.47	0.79	15
Dhaka	Kishoreganj	627,322	522,791	2,910,318	2,422,169	0.760	0.907	1.65	0.74	71
Dhaka	Madaripur	252,149	217,360	1,165,349	1,007,804	0.546	0.727	1.75	0.60	126
Dhaka	Manikganj	324,794	294,870	1,391,900	1,263,294	0.675	0.825	4.35	0.90	20
Dhaka	Munshiganj	313,258	272,820	1,439,981	1,254,467	0.917	0.944	1.07	0.92	121
Dhaka	Mymensingh	1,155,436	981,487	5,108,135	4,311,476	0.817	0.944	1.64	0.55	23
Dhaka	Narayanganj	675,652	442,903	2,946,549	1,958,412	0.903	0.903	0.87	0.78	100
Dhaka	Narsingdi	477,976	379,399	2,224,098	1,776,569	0.909	0.939	2.09	0.64	32
Dhaka	Netrokona	479,146	425,626	2,228,598	1,981,871	0.434	0.679	3.35	0.31	88
Dhaka	Rajbari	238,153	207,592	1,049,472	913,570	0.704	0.889	1.23	1.02	38
Dhaka	Shariatpur	247,880	219,280	1,155,007	1,024,225	0.722	0.917	1.29	0.47	137
Dhaka	Sherpur	341,443	297,006	1,358,073	1,170,172	0.903	0.968	2.08	0.86	14
Dhaka	Tangail	870,102	742,002	3,603,579	3,061,298	0.973	1.000	2.37	0.63	16
Khulna	Bagerhat	354,223	308,197	1,471,670	1,278,530	0.870	0.926	0.97	0.13	274
Khulna	Chuadanga	277,464	202,741	1,128,804	822,835	0.913	0.913	1.00	0.73	21
Khulna	Jessore	656,413	536,198	2,763,704	2,250,639	0.674	0.861	1.83	0.49	99
Khulna	Jhenaidah	422,332	355,670	1,770,608	1,490,953	0.806	0.944	1.29	0.79	21
Khulna	Khulna	547,347	363,436	2,316,869	1,540,606	0.828	0.938	1.01	0.29	303
Khulna	Kushtia	477,289	421,907	1,946,449	1,711,066	0.771	0.914	1.30	0.74	29
Khulna	Magura	205,902	178,786	918,143	797,948	0.741	1.000	1.18	0.68	56
Khulna	Meherper	166,312	145,744	655,220	571,903	0.955	1.000	0.39	0.62	38
Khulna	Narail	162,607	136,777	721,490	609,200	0.762	0.905	1.33	0.75	240
Khulna	Satkhira	469,890	423,040	1,985,566	1,788,133	0.692	0.923	1.54	0.22	189
Rajshahi/Rangpur	Bogra	867,137	708,018	3,398,131	2,729,746	0.986	1.000	2.38	0.61	23
Rajshahi/Rangpur	Dinajpur	715,773	610,459	2,987,624	2,535,803	0.976	1.000	2.34	0.32	19
Rajshahi/Rangpur	Gaibandha	612,283	561,601	2,378,900	2,168,583	0.750	0.975	6.12	1.08	17
Rajshahi/Rangpur	Joypurhat	242,556	206,361	912,876	769,031	0.968	1.000	2.61	0.48	20
Rajshahi/Rangpur	Kurigram	508,045	430,233	2,068,995	1,742,716	0.844	1.000	4.88	1.19	13
Rajshahi/Rangpur	Lalmonirhat	290,444	261,427	1,255,591	1,126,684	0.879	1.000	2.51	0.29	12
Rajshahi/Rangpur	Naogaon	655,801	589,548	2,599,192	2,324,379	0.965	1.000	1.92	0.60	25
Rajshahi/Rangpur	Natore	423,875	368,212	1,705,914	1,478,293	1.000	1.000	0.72	0.79	33
Rajshahi/Rangpur	Nawabganj	357,982	287,895	1,647,184	1,327,144	0.938	0.938	0.59	0.34	40
Rajshahi/Rangpur	Nilphamari	421,572	358,925	1,833,642	1,544,220	1.000	1.000	1.68	0.46	19
Rajshahi/Rangpur	Pabna	590,749	501,354	2,522,693	2,135,236	0.913	1.000	1.30	0.91	30
Rajshahi/Rangpur	Panchagarh	228,581	206,399	987,113	892,272	1.000	1.000	2.33	0.16	10
Rajshahi/Rangpur	Rajshahi	633,758	435,697	2,593,890	1,740,320	0.939	0.939	0.74	0.84	34
Rajshahi/Rangpur	Rangpur	720,180	620,384	2,879,858	2,437,873	0.898	1.000	4.40	0.67	17
Rajshahi/Rangpur	Sirajganj	714,971	615,797	3,096,259	2,660,127	0.691	0.952	5.83	1.29	20
Rajshahi/Rangpur	Thakurgaon	320,786	284,009	1,389,720	1,228,615	1.000	1.000	2.33	0.18	16
Sylhet	Habiganj	393,302	346,612	2,088,274	1,843,386	0.532	0.787	5.85	0.35	45
Sylhet	Maulvi Bazar	361,177	320,922	1,918,426	1,710,723	0.634	0.878	5.15	0.21	22
Sylhet	Sunamganj	440,332	394,113	2,462,764	2,208,843	0.154	0.569	4.74	0.30	65
Sylhet	Sylhet	596,081	449,872	3,432,466	2,680,087	0.828	0.922	2.91	0.28	20

注) 総人口と農村部の人口は、浮動人口を除いた値

出典：¹⁾ BBS 2011、Community Report Table C1 ²⁾ BBS/UNICEF 2011

付属資料 B 接続率

表： 接統率

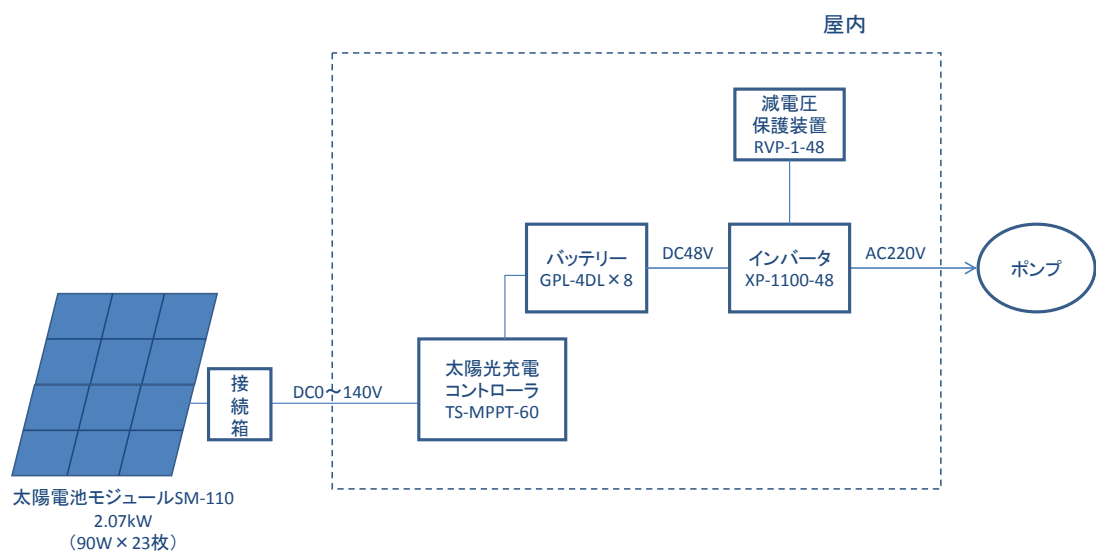
管区	果	世帯数	接統率(%)
Barisal	Barguna	214,863	28.8
Barisal	Barisal	510,780	53.5
Barisal	Bhola	371,799	25.9
Barisal	Jhalokati	157,559	49.0
Barisal	Patuakhali	345,113	31.8
Barisal	Pirojpur	255,059	42.9
Chittagong	Bandarban	78,714	28.2
Chittagong	Brahmanbaria	537,560	71.3
Chittagong	Chandpur	503,851	55.6
Chittagong	Chittagong	1,509,717	79.1
Chittagong	Comilla	1,048,984	74.9
Chittagong	Cox's Bazar	413,402	32.1
Chittagong	Feni	275,461	73.4
Chittagong	Khagrachhari	132,503	32.7
Chittagong	Lakshmipur	364,255	43.8
Chittagong	Noakhali	590,808	51.1
Chittagong	Rangamati	126,414	41.8
Dhaka	Dhaka	2,639,630	97.0
Dhaka	Faridpur	418,554	48.7
Dhaka	Gazipur	809,761	84.0
Dhaka	Gopalganj	248,735	49.1
Dhaka	Jamalpur	562,180	39.4
Dhaka	Kishoreganj	623,914	49.6
Dhaka	Madaripur	251,581	59.3
Dhaka	Manikganj	323,741	52.7
Dhaka	Munshiganj	310,664	90.1
Dhaka	Mymensingh	1,150,574	41.3
Dhaka	Narayanganj	663,088	95.3
Dhaka	Narsingdi	473,937	72.8
Dhaka	Netrokona	477,927	30.2
Dhaka	Rajbari	237,352	45.8
Dhaka	Shariatpur	246,535	43.2
Dhaka	Sherpur	340,769	41.2
Dhaka	Tangail	866,578	56.2
Khulna	Bagerhat	350,537	40.8
Khulna	Chuadanga	276,910	60.6
Khulna	Jessore	653,423	61.1
Khulna	Jhenaidah	421,300	58.6
Khulna	Khulna	540,504	64.1
Khulna	Kushtia	475,989	64.1
Khulna	Magura	205,492	40.8
Khulna	Meherpur	165,974	61.2
Khulna	Narail	162,299	45.7
Khulna	Satkhira	468,853	41.8
Rajshahi	Bogra	863,600	52.6
Rajshahi	Chapai Nababganj	357,246	48.6
Rajshahi	Joypurhat	241,994	51.6
Rajshahi	Naogaon	654,275	39.4
Rajshahi	Natore	422,921	48.8
Rajshahi	Pabna	588,891	60.1
Rajshahi	Rajshahi	630,331	62.1
Rajshahi	Sirajganj	713,064	47.1
Rangpur	Dinajpur	713,255	39.4
Rangpur	Gaibandha	611,297	29.4
Rangpur	Kurigram	507,106	20.8
Rangpur	Lalmonirhat	289,953	20.1
Rangpur	Nilphamari	420,906	34.5
Rangpur	Panchagarh	228,074	27.0
Rangpur	Rangpur	717,362	38.1
Rangpur	Thakurgaon	319,929	34.7
Sylhet	Habiganj	391,657	47.7
Sylhet	Maulvi Bazar	359,715	50.8
Sylhet	Sunamganj	438,752	34.0
Sylhet	Sylhet	589,425	62.9

出典：BBS 2011、Community Report Table C15

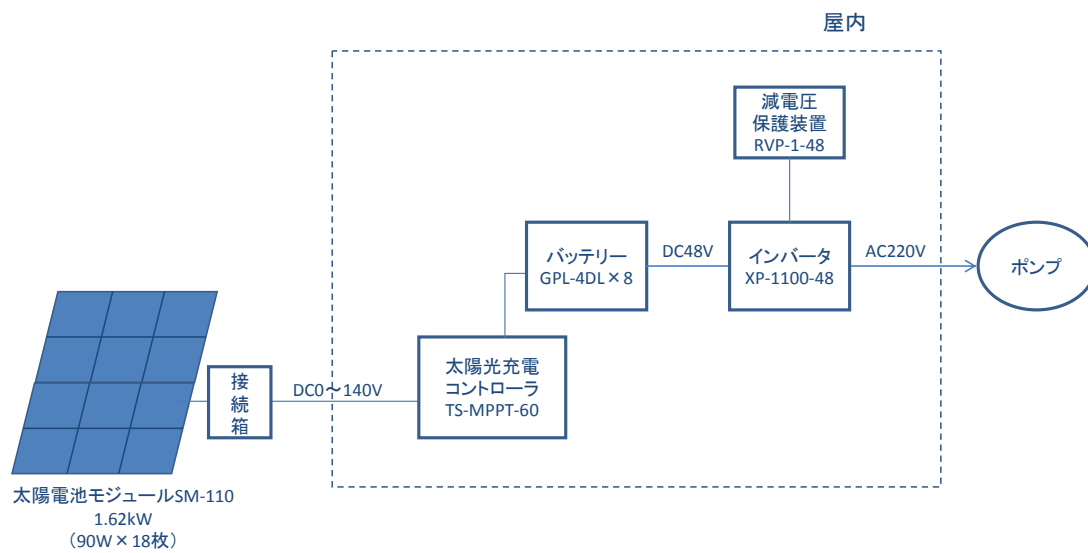
付属資料 C 独立電源システムの検討模式図

独立電源システムの検討模式図

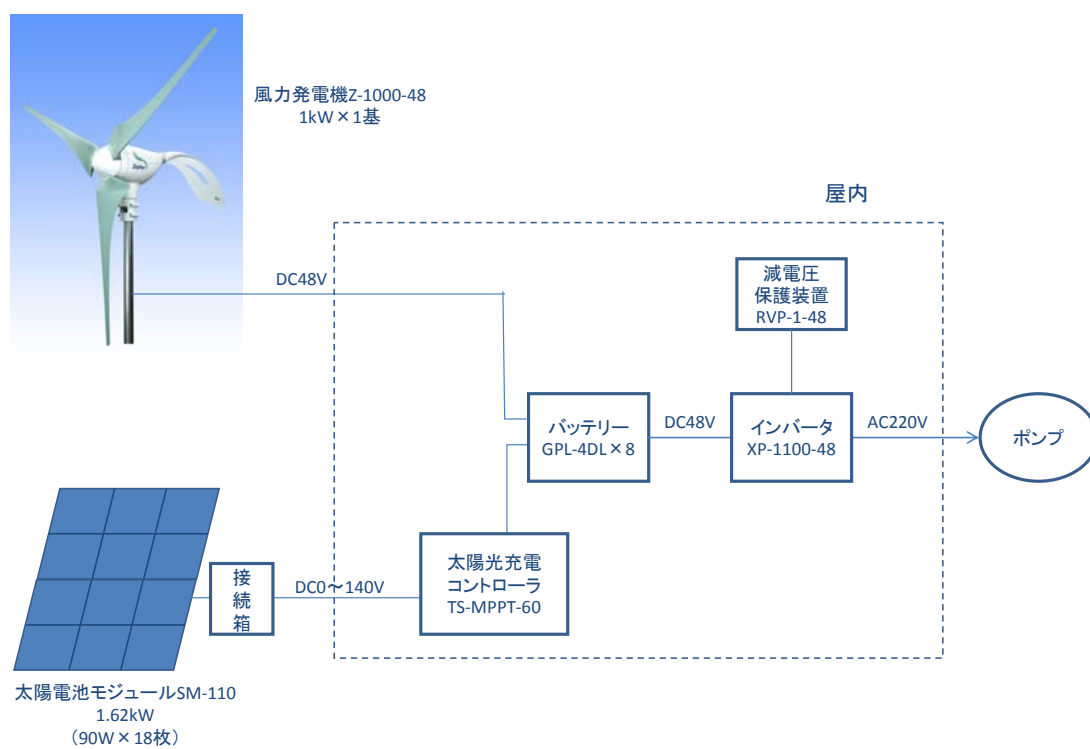
条件s-1: 太陽光4.0kWh/m² 模式図



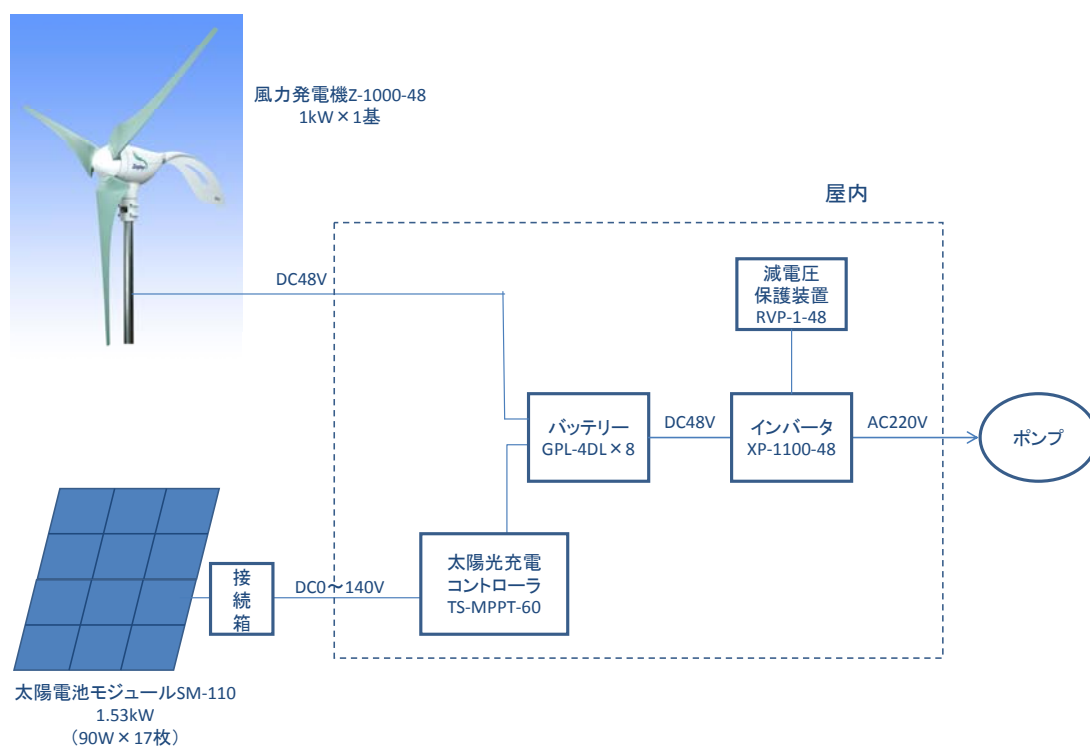
条件s-2: 太陽光5.0kWh/m² 模式図



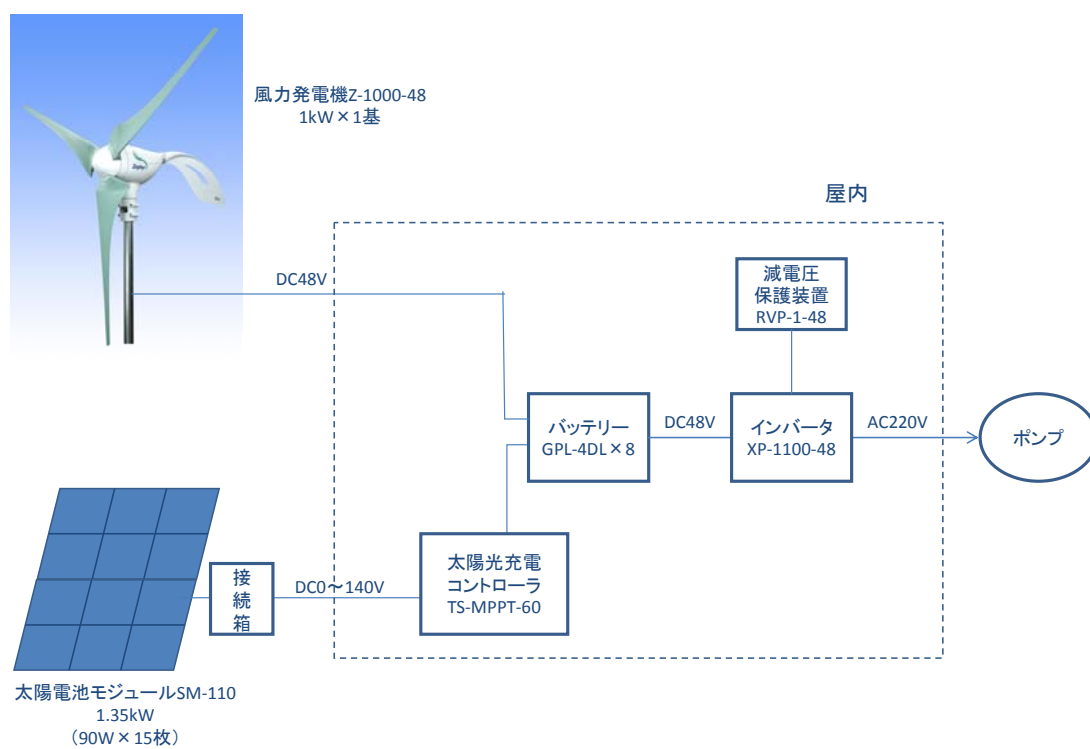
条件T-1: 太陽光4.0kWh/m²+風力4.5m/s 模式図



条件T-2: 太陽光4.0kWh/m²+風力5.0m/s 模式図



条件T-3: 太陽光5.0kWh/m²+風力4.5m/s 模式図



条件T-4: 太陽光5.0kWh/m²+風力5.0m/s 模式図

